



Eurokoodin sovellusohje Siltojen kuormat ja suunnitteluperusteet - NCCI 1

Eurokoodin sovellusohje
Siltojen kuormat ja
suunnitteluperusteet – NCCI 1

5.11.2010

Liikenneviraston ohjeita 23/2010

Kannen kuvat: Joonas Tulonen

Verkkojulkaisu pdf (www.liikennevirasto.fi)

ISSN-L 1798-663X

ISSN 1798-6648

ISBN 978-952-255-578-6

Liikennevirasto

PL 33

00521 HELSINKI

Puhelin 020 637 373

Tieosasto

Voimassa

5.11.2010 alkaen toistaiseksi

Korvaa

Siltojen kuormat TIEL 2172072-99

Sillansuunnittelun täydentävät ohjeet 2008 TIEH 2100003-v-08

Asiasanat

ohjeet, sillat, sillansuunnittelu, siltojen kuormat, eurokoodi

Eurokoodin sovellusohje

Siltojen kuormat ja suunnitteluperusteet – NCCI 1

Tätä sovellusohjetta käytetään yleisten teiden siltojen ja rautatiesiltojen suunnittelussa. Lisäksi ohjetta käytetään niiden yksityistiesiltojen suunnittelussa, jotka saavat valtion avustusta sillan rakentamiseen. Siltojen kantavuuden määrittämisestä annetaan ohjeet erikseen. Eurokoodeja ja niihin liittyviä Liikenneviraston sovellusohjeita voidaan soveltaa myös korjauskohteissa, mikäli se on tarkoituksenmukaista.

Tämä sovellusohje on tarkoitettu pienten ja keskisuurten tavanomaisten siltojen (sillan kokonaismitta < 200 m) eurokoodin mukaiseen suunnitteluun. Erikoissilloille (Esim. köysisillat) ja pidemmille silloille voidaan tätä sovellusohjetta käyttää Liikenneviraston hankekohtaisten lisämääräysten kanssa.

Suunnittelussa käytetty kuormitus esitetään siltanimiössä seuraavasti:

Tieliikenteen sillat:

- LM1 / 1.6.2010,
- LM1, LM3 / 1.6.2010 (odotettavissa erityisen raskasta liikennettä)
- LM1 (Y) / 1.6.2010 (yksityistien sillat)

Kevyen liikenteen sillat

- KL / 1.6.2010

Rautatieliikenteen sillat

- LM71-35 / 1.6.2010 (akselipaino 35 tonnia)

Kutakin siltoihin liittyvää eurokoodin osaa on käsitelty omassa kappaleessaan A...G. Lisäksi kappaleessa H on esitetty eräitä eurokoodin soveltamisalan ulkopuolelle jääviä asioita sekä Suomessa käytettyjä vakiintuneen käytännön mukaisia menetelmiä.

Liitteessä 1 on esitetty siltojen suunnittelussa tarvittavat kuormitusyhdistelyt eri rajatiloissa suunnittelua helpottamaan.

Eurokoodin kuormaosien siltoja koskevista kansallisista liitteistä viitataan tähän sovellusohjeeseen seuraavissa kohdissa:

NA		NCCI	Sisältö
NA 1991-2	4.1 (2)	B.4.3.2, B.4.3.3, B.4.3.4, B.4.4.1, B.4.4.2	Yksitysteiden sillat (sovituskoroin 0,8)
NA 1991-2	5.7 (3)	B.5.7	Kevyen liikenteen dynaamiset mallit
NA 1991-1-7	4.5 (1)	F.3	Junien tyypit joihin sääntöjä voidaan soveltaa
Liite A2	A2.1.1 (1)	G.A.2.1	Rakennneosien viitteellinen käyttöikä
Liite A2	A2.2.1 (2)	H	Soveltamisalan ulkopuolelle jäävät kuormat
Liite A2	A2.3.1 (7)	H	Ohjeistusta jääkuorman määrittämisestä
Liite A2	A2.4.1 (2)	G.4	Ohjeistusta taipumarajoista
Liite A2	A2.4.3.2 (1)	G.4.3.2	Kevyen liikenteen sillan mukavuuskriteerit

NA = kansallisen liitteen kohta josta on viitattu tähän sovellusohjeeseen

NCCI = tämän sovellusohjeen vastaava kohta



Olli Niskanen, Yksikön päällikkö
Sillansuunnitteluosasto



Heikki Lilja, Silta-asiantuntija
Sillansuunnitteluosasto

LISÄTIETOJA

Heikki Lilja
Liikennevirasto
puh. 020 637 3560

Esipuhe

Eurokoodit ovat korvanneet aiemmat siltojen kantavien rakenteiden suunnittelussa käytetyt ohjeet 1.6.2010 lähtien. Tämä sovellusohje antaa ohjeita sillan suunnittelijalle eurokoodien tulkintaan sekä esittää menetelmiä, joilla eurokoodien vaatimustaso täytetään.

Sovellusohjeesta on tehty tarkoituksellisesti mahdollisimman pelkistetty eikä kaikkia eurokoodin esittämiä kuormia ole käsitelty, joten tätä ohjetta pitää käyttää rinnakkain eurokoodin standardien SFS-EN 1991-2 ja SFS-EN 1991-1-1...7 sekä niiden siltoja koskevien kansallisten liitteiden kanssa. Lisäksi tätä sovellusohjetta kirjoitettaessa on oletettu, että käyttäjä hallitsee kuormien sijoittelun perusperiaatteet. Siltoja koskevat kansalliset liitteet on julkaistu liikenne- ja viestintäministeriön ohjeina mm. Liikenneviraston internet-sivuilla.

Tämä sovellusohje on kirjoitettu Liikenneviraston tieosaston Sillansuunnitteluyksikössä ottaen huomioon aiemmin toteutetut Eurokoodien kansalliset liitteet.

Helsingissä marraskuussa 2010

Liikennevirasto
Sillansuunnitteluyksikkö

Sisällysluettelo

A	OMAPAINO (EN-1991-1-1).....	8
A.4	Rakennusmateriaalien ja varastoitavien tuotteiden tilavuuspainot.....	8
B	SILTOJEN LIIKENNEKUORMAT (EN-1991-2)	10
B.1	Yleistä	10
B.4	Tieliikennekuormat ja tiesiltoja koskevat kuormat.....	10
B.4.2	Yleistä	10
B.4.3	Pystykuormat.....	10
B.4.4	Vaakakuormat	12
B.4.5	Kuormaryhmät	13
B.4.6	VäsytySKUORMAT	15
B.4.7	Onnettomuuskuormat.....	18
B.4.8	Siltojen maatukien ja niihin liittyvien muurien kuormat.....	18
B.5	Kevyen liikenteen siltojen kuormat.....	18
B.5.3	Pystysuorien kuormien staattiset arvot.....	18
B.5.4	Vaakasuuorien kuormien staattiset arvot	19
B.5.5	Kuormaryhmät	19
B.5.6	Onnettomuuskuormat.....	20
B.5.7	Kevyen liikenteen dynaamiset mallit	20
B.5.9	Siltojen maatukien ja niihin liittyvien muurien kuormat.....	20
B.6	Raideliikennekuormat ja muut erityisesti rautatiesiltoja koskevat kuormat	20
B.6.1	Soveltamisala	20
B.6.2	Raideliikennekuormien erittely syntytapansa mukaan	20
B.6.3	Pystykuormien ominaisarvot (staattiset vaikutukset) sekä kuormituksen epäkeskisyys ja jakautuminen.....	20
B.6.4	Dynaamiset vaikutukset (resonanssi mukaan luettuna).....	23
B.6.5	Vaakasuuuntaisten kuormien ominaisarvot	27
B.6.7	Suistumiskuormat ja muut rautatiesiltojen kuormat.....	30
B.6.8	Rautatiesiltojen kuormittaminen liikennekuormilla	31
B.6.9	Väsyttävät liikennekuormat.....	35
C	TUULIKUORMAT (EN-1991-1-4).....	37
D	LÄMPÖTILAKUORMAT (EN-1991-1-5)	39
D.6.1	Siltojen päällysrakenteet	39
E	TYÖNAIKAiset KUORMAT (EN-1991-1-6)	42
F	ONNETTOMUUSKUORMAT (EN-1991-1-7)	43
F.3	Mitoitustilanteet	43
F.4	Törmäyskuormat.....	44
F.4.5	Suistuneen junan aiheuttamat onnettomuuskuormat.....	47
F.4.8	Laivaliikenteen aiheuttamat onnettomuuskuormat.....	48
G	KUORMIEN YHDISTELY (EN 1990/A1 LIITE A2).....	49
G.1	Käyttötarkoitus	49
G.2	Kuormien yhdistely	49
G.2.1	Yleistä	49
G.2.2	Yhdistelykertoimien Ψ arvot.....	49

Eurokoodin sovellusohje**Siltojen kuormat ja suunnitteluperusteet – NCCI 1 (5.11.2010)**

G.3	Murtorajatila	51
G.3.1	Normaalisti vallitsevat mitoitustilanteet	51
G.3.2	Onnettomuus- ja maanjäristysmitoitustilanteet	53
G.4	Käyttörajatila	53
H	EUROKOODIN SOVELTAMISALAN ULKOPUOLELLE JÄÄVÄT KUORMAT JA MUUT LISÄOHJEET	58
H.1	Jääkuormat	58
H.2	Tukipainuman ottaminen huomioon	59
H.3	Laakerikitka	59
H.4	Maanpaineen käsittely	60
H.5	Vedenpinnan aseman huomioonottaminen	60
H.6	Betonin kutistuminen ja viruminen	60
H.7	Jännevoima	60
H.8	Laakereiden ja liikuntasaumalaitteiden liikevarojen määrittäminen	61
H.9	Liikuntasaumalaitteet	62
H.10	Siltalaakerit	62
H.10.1	Yleistä	62
H.10.2	Mitoituskuormien määrittäminen	63
H.10.3	Laakerialusta	65
H.10.4	Laakerin aluslevyn minimikoon määrääminen	68
H.10.5	Laskentaesimerkki	69
H.11	Pintarakenteet	72
H.11.1	Yleistä	72
H.11.2	Kannen pintarakenteen valinta ja esittäminen suunnitelmassa	72
H.11.3	Eristysalustan käsittelyjen valinta	73
H.11.4	Eristysmateriaalin ja eristyksen suojakerroksen valinta	73
H.11.5	Päällyste ja sen saumat	76
H.11.6	Vaihtoehtoisen rakenneratkaisun esittäminen ja hyväksyminen rakennusvaiheessa	77
H.11.7	Täydentävä aineisto	78
H.11.8	Reunapalkin ja asfaltin välinen sauma	85
H.12	Muut lisäohjeet	86
H.12.1	Yleistä	86
H.12.2	Rautatiealue	86
H.12.3	Ulokesillat	86
H.12.4	Sillan kuivatus	87
H.12.5	Varausputket	87
H.12.6	Siirtymälaatat	87

LIITTEET

Liite 1A – Tiesiltojen kuormien yhdistelytaulukot

Liite 1B – Rautatiesiltojen kuormien yhdistelytaulukot

Liite 1C – Kevyen liikenteen siltojen kuormien yhdistelytaulukot

A Omapaino (EN-1991-1-1)

A.4 Rakennusmateriaalien ja varastoitavien tuotteiden tilavuuspainot

Pysyviksi kuormiksi katsotaan rakenneosien paino ja muu rakenteeseen vaikuttava muuttumaton kuorma kuten täytteet ja päällysteet, maanpaine sekä kuorma, joka aiheutuu alivedenkorkeudella olevasta vedestä.

Materiaalien tilavuuspainoja esitetään standardissa SFS-EN 1991-1-1 (liitteen A taulukot). Standardin kappaleessa 5.2.3 on esitetty siltoja koskevia lisäsääntöjä. Ellei hankekohtaisesti muuten määrätä, voidaan rakenneosien painoa laskettaessa käyttää seuraavia standardin SFS-EN 1991-1-1 liitteen A taulukoihin perustuvia tilavuuspainoja (yleensä käytetään yläraja-arvoja):

Taulukko A.1 Sillanrakennusmateriaalien tilavuuspainoja

Materiaali	Tilavuuspaino [kN/m ³]
Betoni	24
- kovettumaton betoni	25
- raudoitettu betoni	25
Sementtilaasti	19...23
Rakenneteräs	77..78,5
Valurauta	71...72,5
Alumiini	27
Puu (EN338)	
- C14 / C30 / D50 / D70	3,5 / 4,6 / 7,8 / 10,8
Liimapuu (EN 1194)	
- GL24h / GL36h / GL24c / GL36c	3,7 / 4,4 / 3,5 / 4,2
Kreosoottikyllästetty puu	6
Puiset muotit ja telineet	6
Valuasfaltti ja asfalttibetoni	24..25
Asfalttimastiksi	18..22
Jyräasfaltti	23
Hiekka, kuiva	15..16
Sepeli ja sora, irtonainen	15..16
Maabetoni	18,5..19,5
Murskattu masuunikuona	13,5..14,5
Sullottu kivimurske	20,5..21,5

Tiivistyssavi	18,5..19,5
Rautatiesiltojen päällyskerros:	
- Betoninen suojakerros	25
- Normaali sepelikerros	18
- Basalttisepelikerros	26
- Pengertäyte	20
- Suojakiskot	1,5
- Yhden raiteen päällysrakenne suoralla radalla (sepeli, pölkyt ja kiskot)	46

Päällysteen painoa laskettaessa varaudutaan lisäpäällystekerrokseen, jonka paino on 1 kN/m².

Rautatiesilloilla varaudutaan 200 mm:n lisätukikerrokseen.

A.4.3.1 Siltoja koskevat lisäsäännöt

Standardin SFS-EN 1991-1-1 kappaleessa 5.2.3 esitettyjä eri materiaalien ylä- ja alaraja-arvoja ei tarvitse ottaa huomioon ellei hankekohtaisesti toisin määrätä.

B Siltojen liikennekuormat (EN-1991-2)

Kaikki standardissa EN 1991-2 sekä sen kansallisessa liitteessä esitetyt vaatimukset ovat voimassa ja niitä on noudatettava, vaikka tässä sovellusohjeessa kaikkiin standardissa esitettyihin asioihin ei otetakaan kantaa.

B.1 Yleistä

B.4 Tieliikennekuormat ja tiesiltoja koskevat kuormat

B.4.2 Yleistä

B.4.2.1 Kaistajako

Ajoneuvokuorma (dynaaminen suurennusvaikutus mukaan luettuna) määritetään käyttäen kuormakaavioita LM1...LM4. Rakenteen jokainen osa mitoitetaan sille kaaviolle, joka antaa määrävän vaikutuksen. Kuormakaavio LM4 edustaa tungoskuormaa, jonka käyttö voidaan määritellä hankekohtaisesti.

Kuormakaavioiden LM1...LM4 oletetaan kuormittavan sillan pituussuuntaista pintaa, kuormakaistaa, jonka leveys on 3,0 m. Kuormakaistojen lukumäärä ja sijoittelu sillan poikkisuunnassa valitaan siten, että saavutetaan määrävä vaikutus.

Kuormakaistojen lukumäärä on enintään se määrä, mikä mahtuu alueelle, minne ajoneuvoilla on pääsy (ajorata ja pientareet). Erityistapauksissa (esim. ajorampit tienristeyksien läheisyydessä, leveät yksiajokaistaisten teiden sillat jne.) määritellään kuormakaistojen lukumäärä hankekohtaisesti.

Sillan kansi (yleensä hyödyllinen leveys) jaetaan 3 metrin kuormakaistoihin. Mikäli hyödyllinen leveys on 5,4...6 metriä asetetaan kannelle kaksi yhtä leveää kuormakaistaa. Kun hyödyllinen leveys on vähemmän kuin 5,4 metriä kannelle asetetaan yksi 3 metrin kuormakaista.

Kuormakaavioiden pystykuormat voidaan jakaa murskekerroksessa suhteessa 2:1 ja pintarakenteissa suhteessa 1:1.

Lisätietoja ks. EN 1991-2 kohdat 4.2.3, 4.2.4 ja 4.2.5.

B.4.3 Pystykuormat

B.4.3.2 Kuormakaavio LM1

Kuormakaavio LM1 koostuu kuormakaistoille sijoitettavista tasaisesti jakautuneista kuormista $\alpha_{Qi} \times Q_{ik}$ sekä kahden akselikuorman $\alpha_{Qj} \times Q_{jk}$ muodostamista telikuormista. Telikuormien akseliväli on 1,2 m ja ne sijoitetaan sillalle siten, että saadaan mahdollisimman epäedullinen vaikutus. Akseli koostuu kahdesta 2 m:n etäisyydellä toisistaan

Eurokoodin sovellusohje**Siltojen kuormat ja suunnitteluperusteet – NCCI 1 (5.11.2010)**

sijaitsevasta pyöräkuormasta, jonka kosketuspintana on 0,4x0,4 m neliö (ks. EN 1991-2 kuvat 4.2a ja 4.2b).

Telit sijoitetaan päällysrakenteita tarkasteltaessa kuormakaistan keskelle. Kannen yksityiskohtia tarkasteltaessa vierekkäisten kuormakaistojen telien pyöräkuormien keskinäinen etäisyys sillan poikkisuunnassa voi kuitenkin olla 0,5 m (ks. EN 1991-2 kuva 4.2b).

Suomessa käytetään yleisillä teillä kertoimien arvoina $\alpha_{qi} = \alpha_{qI} = 1$. Valtionapua saavien yksityisteiden siltojen mitoituksessa voidaan käyttää kertoimia $\alpha_{qi} = \alpha_{qI} = 0,8$ (vrt. standardin EN 1991-2 kohta 4.1(2)).

Edellisillä sovituskertoimilla kerrotut telikuorman ja tasan jakautuneen kuorman ominaisarvot on esitetty taulukossa B1 (vrt. EN 1991-2 taulukko 4.2):

Taulukko B.1 Kuormakaavion LM1 kuormien ominaisarvot

Sijainti	Yleiset tied		Valtionapua saavat yksityistiet	
	Telikuorma $2 \times \alpha_{qI} \times Q_{ik}$ (kN)	UDL q_{ik}/q_{rk} (kN/m ²)	Telikuorma $2 \times \alpha_{qI} \times Q_{ik}$ (kN)	UDL q_{ik}/q_{rk} (kN/m ²)
Kaista nro 1	2x300	9	2x240	7,2
Kaista nro 2	2x200	2,5	2x160	2
Kaista nro 3	2x100	2,5	2x80	2
Muut kaistat	-	2,5	-	2
Kaistojen ulkopuolinen alue (q_{rk})	-	2,5*	-	2

* kaistojen ulkopuolisen alueen tasainen kuorma voidaan jättää huomioimatta

B.4.3.3 Kuormakaavio LM2

Kuormakaavio LM2 koostuu kuormakaistoille sijoitettavasta akselikuormasta $\beta_Q \times Q_{ak}$, jossa Q_{ak} on 400 kN. Rakennetta voidaan kuormittaa vain akselin toisella pyöräkuormalla ($\beta_Q \times 200$ kN), jos koko akseli ei mahdu ko. rakenteen kohtaan.

Akseli koostuu kahdesta 2 m:n etäisyydellä toisistaan sijaitsevasta pyöräkuormasta, jonka kosketuspintana on 0,35x0,6 m suorakulmio. Pyöräkuorma voi sijaita reunakiiven vieressä. (ks. EN 1991-2 kuva 4.3). Globaaleja vaikutuksia tutkittaessa voidaan kosketuspinta-alaksi olettaa sama 0,4x0,4 m neliö kuin kuormakaaviolla LM1. Liikuntasaumalaitteiden vieressä käytetään dynaamista lisäsuurennuskerrointa standardin EN 1991-2 kohdan 4.6.1 (6) mukaisesti.

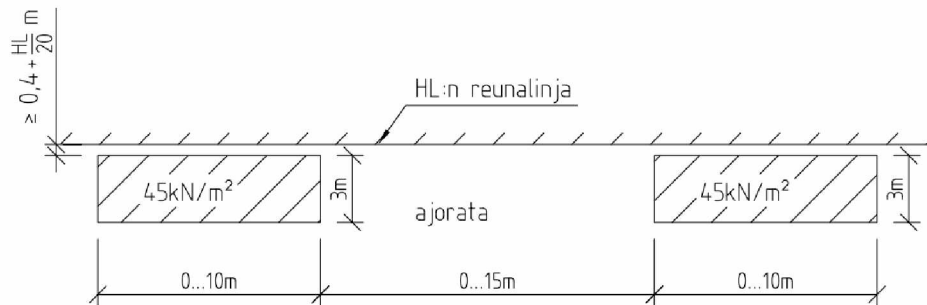
Suomessa käytetään yleisillä teillä kertoimen arvona $\beta_Q = 1$. Valtionapua saavien yksityisteiden siltojen mitoituksessa voidaan käyttää kerrointa $\beta_Q = 0,8$ (vrt. B.4.1 ja standardin EN 1991-2 kohta 4.1(2)).

Kansallisessa liitteessä valitulla sovituskertoimella β_Q kerrotut akselikuorman ominaisarvot ovat:

- 400 kN: yleisillä teillä
- 320 kN: valtionapua saavilla yksityisteillä

B.4.3.4 Kuormakaavio LM3

Kuvassa B1 esitettyä kuormakaaviota LM3 käytetään, jos silta sijaitsee suurten kuljetusten reitillä tai asianomainen viranomainen on määrännyt sen käytöstä hankekohtaisesti. Kuormakaaviolla mitoitetaan rakenteet murtorajatilassa sekä alusrakenteiden kantavuus. Kuormakaavio sijaitsee yhdellä kaistalla. Muiden kuin suurten kuljetusten reitillä sijaitsevien siltöjen (mukaan lukien valtionapua saavien yksityisteiden sillat) kohdalla kuormakaavion LM3 käytöstä voidaan määrätä hankekohtaisesti.



Kuva B.1 Kuormakaavio LM3

Asianomainen viranomainen voi määrittää täydentäviä käyttöehtoja myös hankekohtaisesti (esim. voidaan sopia standardin EN 1991-2 liitteessä A esitettyjen vakiokaavioiden käytöstä)

B.4.3.5 Kuormakaavio LM4

Kuormakaavio LM4 edustaa tungoskuormaa ja sen käytöstä määrätään hankekohtaisesti. Kuormakaaviossa kuormana on tasaisesti jakautunut kuorma 5 kN/m^2 , joka jaetaan sillalle niin, että siitä syntyy määräävä vaikutus. Kuorma voidaan sijoittaa tarvittaessa myös keskialueelle.

B.4.4 Vaakakuormat

B.4.4.1 Jarrutus- ja kiihdytyskuormat

Ajoneuvon jarrutuksen ja kiihdytyksen aiheuttaman vaakasuora jarrukuorma Q_{lk} vaikuttaa pituussuuntaisesti ajoradan pinnan tasolla. Kuorman voi olettaa jakaantuvan tasaisesti koko ajoradan leveydelle. Kuorman ominaisarvo Q_{lk} lasketaan kaavalla:

$$Q_{lk} = 0,6\alpha_{q1}(2Q_{1k}) + 0,10\alpha_{q1}q_{1k}w_1L \quad (\text{B.1})$$

Edellisissä kappaleissa esitetyin sovituskertoimin Suomessa käytettävät jarrukuorman arvot ovat:

- $360 + 2,7 \times L \text{ [kN]}$: yleisillä teillä
- $288 + 2,16 \times L \text{ [kN]}$: valtionapua saavilla yksityisteillä

Määriteltäessä jarrukuormaa tarkoitetaan siltakannen pituudella todellista yhtenäisen sillan osan pituutta, ts. pituutta, joka vastaa etäisyyttä kahden sellaisen ylinenolaitteen välillä, jotka eivät siirrä vaakakuormia.

Rakenteet, jotka voidaan kuormittaa kahdesta tai useammasta sillan osasta aiheutuvalla jarrukuormalla, mitoitetaan yhdelle (määräavalle) jarrukuormalle Q_{lk} .

Suomessa käytetään jarrukuorman ylärajana 500 kN.

Liikuntasaumoihin ja yhden akselin kuormittamiin rakenneosiin vaikuttava vaakasuuntainen kuorma saadaan kaavalla

$$Q_{lk} = 0,6\alpha_{Q1}Q_{1k} \quad (B.2)$$

Edellisissä kappaleissa esitetyin sovituskertoimin liikuntasaumoihin ja yhden akselin kuormittamiin rakenneosiin vaikuttavat vaakasuuntaiset kuormat ovat:

- 180 kN : yleisillä teillä
- 144 kN : valtionapua saavilla yksityisteillä

Jarrukuorman aiheuttama päällysrakenteen laskennallinen vaakasiirtymä saa olla enintään 20 mm.

B.4.4.2 Keskipakokuorma ja muut vaakasuuntaisesti vaikuttavat kuormat

Keskipakokuorma Q_{tk} vaikuttaa valmiin ajoradan pinnan korkeudella ajoradan säteen suunnassa pistekuormana missä tahansa kannen poikkileikkauksessa, joka sijaitsee säteen r alueella. Voiman Q_{tk} ominaisarvo, jossa dynaamiset vaikutukset ovat mukana, saadaan taulukosta B2.

Taulukko B.2 Keskipakokuorman ominaisarvo

Q_{tk} [kN]	r [m]
$0,2Q_v$	200
$40Q_v/r$	200..1500
0	1500

r = ajoradan keskiviivan vaakasäde

Q_v = kuormakaavion LM1 telien pystysuuntaisten pistekuormien summa

Suomen kansallisilla valinnoilla $Q_v = 600$ kN mikäli siltakannelle mahtuu vain yksi kaista, 1000 kN kun sillalle mahtuu 2 kaistaa ja 1200 kN kun sillalle mahtuu > 2 kaistaa.

Vinosta jarrutuksesta tai sivuluisusta aiheutuva poikittainen kuorma Q_{trk} on 25 % pituussuuntaisesta jarru- tai kiihdytyskuormasta Q_{lk} . Kyseinen kuorma vaikuttaa samanaikaisesti kuorman Q_{lk} kanssa.

Valtionapua saavilla yksityisteiden silloilla voidaan käyttää sovituserrointa 0,8.

Sivukuorman aiheuttama päällysrakenteen laskennallinen vaakasiirtymä saa olla enintään 20 mm.

B.4.5 Kuormaryhmät

Eurokoodissa liikennekuormia ei yhdistellä sellaisenaan muiden kuormien kanssa (kuten aiemmissa Tiehallinnon ohjeissa). Eurokoodissa muodostetaan liikennekuor-

mista (pysty- ja vaakakuormista) ns. kuormaryhmiä, joita käsitellään yksittäisinä kuormina kuormitusyhdistelyissä. Tieliikenteen silloilla kuormaryhmiä on yhteensä kuusi kappaletta, eivätkä ne voi esiintyä samanaikaisesti kuormitusyhdistelyssä. Tieliikenteen siltojen kuormaryhmät on esitetty taulukossa B3.

Taulukko B.3 Tieliikenteen siltojen kuormaryhmät

Taulukko 4.4a (FI) - Liikennekuormaryhmien määrittäminen (useasta komponentista muodostuvien kuormitusten ominaisarvot)

Taulukko 4.4a (P) - Liikennekuormat yllämainittamilleen (useasta komponentista muodostuvien kuormitusten ominaisarvot)	AJORATA PIENTAREINEEN						Kevyen liikenteen väylä	
	Pystykuormat				Vaakakuormat			
	LM1		LM2	LM3	LM4	Jarru- ja Keskিপাকokuorma		Vain
	Teli	UDL	Yksittäinen akseli	Erikoiskuorma	Ruuhkakuormitus	kiihdytyskuormat ja sivukuorma		Pystykuorma
	[EN 1991-2 4.3.2]		[EN 1991-2 4.3.3]	[EN 1991-2 4.3.4]	[EN 1991-2 4.3.5]	[EN 1991-2 4.4.1]	[EN 1991-2 4.4.2]	[EN 1991-2 5.3.2.1]
gr1a	Ominaisarvo							Yhdistelyarvo 3 kN/m ²
	1	1						
gr1b			Ominaisarvo 1					
gr2	Tavallinen arvo (ψ1)					Ominaisarvo 1	Ominaisarvo 1	
	0,75	0,4						
gr3								Ominaisarvo 5 kN/m ²
gr4					Ominaisarvo 1			Ominaisarvo 5 kN/m ²
gr5				Ominaisarvo 1				

Taulukkoon on kirjoitettu sisään (eurokoodin alkuperäisestä taulukosta poiketen, ks. EN 1991-2 taulukko 4.4a) käytettävät yhdistelykertoimet sekä Suomen kansalliset valinnat.

Tiesiltojen yhdistelykertoimet (Ψ_0 , Ψ_1 ja Ψ_2) esitetään taulukossa G1 ja kuormitusyhdistelyt murto- ja käyttörajatiloissa taulukoissa G4...G8. Tämän sovellusohjeen liitteessä 1 on esitetty sillansuunnittelussa käytettävät kuormitusyhdistelyt murto- ja käyttörajatiloissa.

Eri kuormaryhmillä on selvä käyttötarkoituksensa (mitoittavat eri asioita) ja kaikkia kuormaryhmiä ei tarvitse aina muodostaa. Alla on eritelty kunkin kuormaryhmän sisältö (sulkuihin on kirjoitettu mahdollinen käyttötarkoitus ko. kuormaryhmälle).

gr1a:

- Pystysuora liikennekuorma LM1 ominaisarvolla
- mahdollisen kevyen liikenteen kaistan kuorma 3 kN/m²
- Mitoittaa usein pääkannattimet ja kansilaatan poikittain
- Yleensä aina mitoittava, aina laskettava

gr1b:

- Pystysuoran liikennekuorma LM2 ominaisarvolla
- Mitoittaa mahdollisesti ortotrooppikannen, ulokkeen yms.
- Yleensä ei mitoittava, yleensä kuitenkin laskettava

gr2:

- Pystysuora liikennekuorma LM1 tavallisella arvolla (telikuormat kerrottuna arvolla 0,75 ja tasaiset kuormat arvolla 0,40)
- Liikenteestä aiheutuvat vaakakuormat ominaisarvolla
- Mitoittaa usein alusrakenteet
- Usein mitoittava, aina laskettava

gr3:

- Pelkästään kevyen liikenteen kaistat kuormitettuna pintakuormalla 5 kN/m²
- Harvoin mitoittava

gr4:

- Kevyen liikenteen kaistat kuormitettuna pintakuormalla 5 kN/m²
- Muut kaistat kuormitettuna ruuhkakuormalla 5 kN/m²
- Harvoin mitoittava

gr5:

- Yliraskaan erikoiskuorman kuormakaavio LM3 ominaisarvolla
- Mitoittaa mahdollisesti rakenteita murtorajatilassa
- Usein mitoittava ja aina laskettava
- ks. käyttöehdot kohdasta B.4.3.4

Ajoneuvoliikenteen silta mitoitetaan kauttaaltaan ajoneuvoliikenteen kuormakaavioille riippumatta suunnitellusta käyttötarkoituksesta.

B.4.6 Väsytskuormat

B.4.6.1 Yleistä

Eurokoodissa (EN 1991-2 kappale 4.6) esitetään viisi erilaista väsytskuormakaaviota. Väsytskuormakaavioita FLM1, FLM2 sekä FLM3 käytetään kuormakaavioiden aiheuttamien maksimi- ja minimijännitysten määrittämiseen ja kaavioita FLM4 sekä FLM5 jännitysvaihteluvälin spektrin määrittämiseen.

Ensisijaisesti suositellaan käytettäväksi väsytskuormakaavioita FLM3. Lisäksi väsytskuormakaaviota FLM1 voidaan käyttää tarkistettaessa voidaan myös väsymisikää pitää rajattomana. Muiden kuormakaavioiden käytöstä tulee sopia asianomaisen viranomaisen kanssa hankekohtaisesti.

Mikäli väsyttävän kuorman sijainnilla (poikittain) kaistalla on merkittävää vaikutusta mitoittamiseen (esim. paikallisia voimasuureita määritettäessä), otetaan poikittaisen sijainnin jakauma huomioon standardin EN 1991-2 kuvan 4.6 mukaan.

Liikuntasaumalaitteiden läheisyydessä otetaan huomioon dynaaminen lisäsuurennuskerroin, joka saadaan kaavalla:

$$\Delta\varphi_{jat} = 1,30 \cdot (1 - D/26) \geq 1,0 \quad (B.3)$$

, missä D on etäisyys (m) liikuntasaumalaitteesta. Kyseistä lisäsuurennuskerrointa voidaan käyttää myös muiden mahdollisten epäjatkuvuuskohtien kohdalla (esim. EN 1993-1 kohta 7.8.2 (2), ks. myös tämän sovellusohjeen kohta B.4.3.3).

Tarkempi väsymismitoitusmenettely esitetään materiaalienkohtaisissa sovellusohjeissa. On huomattava, että esimerkiksi betonisiltojen tietyissä väsytskasteluissa ei käytetä välttämättä standardin EN 1991-2 väsytsajoneuvoja.

B.4.6.2 Väsytytkuormakaavio FLM1

Väsytytkuormakaavio FLM1 on rakenteeltaan samanlainen kuin kohdassa B.4.3.2 määritetty kuormakaavio LM1, siten, että akselikuormien arvot ovat $0,7 \times Q_{ik}$ ja tasaisesti jakautuneiden kuormien arvot $0,3 \times q_{ik}$.

Väsytytkuormakaavion aiheuttamat maksimi- ja minimijännitykset $\sigma_{FLM,max}$ ja $\sigma_{FLM,min}$ määritetään sijoittamalla kaavion kuormat sillalle siten, että ääriarvot saavutetaan. Saatuja jännityksiä verrataan kestävyysarvoihin materiaalienkohtaisissa sovellusohjeissa esitettyjen periaatteiden mukaisesti.

B.4.6.3 Väsytytkuormakaavio FLM2

Väsytytkuormakaavion FLM2 käyttö on sallittu vain, mikäli sillalla on yksi ajokaista (asianomaisen viranomaisen hankekohtaisesti antamalla suostumuksella).

Väsytytkuormakaaviossa FLM2 kuormitetaan siltaa yhdellä idealisoidulla kuorma-autolla (ks. EN 1991-2 taulukko 4.6). Maksimi- ja minimijännitykset saadaan kaaviossa tarkastelemalla erillisten kuorma-autojen aiheuttamia äärimmäisiä vaikutuksia. Saatuja jännityksiä verrataan kestävyysarvoihin materiaalienkohtaisissa sovellusohjeissa esitettyjen periaatteiden mukaisesti.

B.4.6.4 Väsytytkuormakaavio FLM3

Väsytytkuormakaaviota FLM3 suositellaan käytettäväksi väsymismitoituksessa.

Väsytytkuormakaavio FLM3 koostuu neljästä akselistä (akselipaino 120 kN), joista jokaisessa on kaksi samanlaista pyörää (kosketuspinta on neliö, jonka sivumitat ovat 0,4 m). Akselivälit ovat 1,2 + 6 + 1,2 metriä ja akselien rengasväli on 2,0 metriä (ks. EN 1991-2 kuva 4.8). Tarvittaessa väsytytkuormakaavioon otetaan mukaan toinen ajoneuvo, jonka akselipainot ovat 36 kN ja jonka etäisyys on edellisen ajoneuvon keskeistä mitattuna vähintään 40m. (toinen ajoneuvo täytyy ottaa käyttöön, mikäli sillan jännitmitat ovat yli 40 metriä, tällöin varmistetaan riittävä kestävyys väsytykselle välitukialueella).

Väsytytkuormakaavion aiheuttamat maksimi- ja minimijännitykset $\sigma_{FLM,max}$ ja $\sigma_{FLM,min}$ määritetään sijoittamalla kaavion kuormat sillalle siten, että ääriarvot saavutetaan. Saatuja jännityksiä verrataan kestävyysarvoihin materiaalienkohtaisissa sovellusohjeissa esitettyjen periaatteiden mukaisesti.

Kun käytetään väsytytkuormakaaviota FLM3, saadaan ajoneuvojen lukumäärä taulukosta B4 (EN 1991-2 kansallinen liite, taulukko 4.5n(FI)). Taulukon oikeanpuolisen sarakkeen liikennemäärien arvot ovat laskennallisia arvoja, joiden avulla määritetyt λ_2 -arvot vastaavat todellisen liikenteen aiheuttamia väsyttäviä vaikutuksia kyseisessä liikenteen luokassa.

Tässä tapauksessa hitaan liikenteen kaistalla tarkoitetaan väsytyksen kannalta määrävää kuormakaistaa.

Eurokoodin sovellusohje**Siltojen kuormat ja suunnitteluperusteet – NCCI 1 (5.11.2010)****Taulukko B.4 Ajoneuvojen lukumäärä väsytySKUORMAKAAVIOILLE FLM3**

Liikenteen luokat (suluissa on esitetty kriteerit liikenteen luokan valinnalle: raskaiden ajoneuvojen määrä/vrk/suunta sillan käyttöiän alussa)		N _{obs} vuotta ja hitaan liikenteen kais- taa kohti (Laskennassa käytetty raskaiden ajoneuvojen määrä/vuosi/suunta)
1	Moottori-, moottoriliikenne- ja muut tiet, joilla suuntaa kohti on vähintään 2 kaistaa, joilla kuorma-autoista muodostuva liikenne- määrä on suuri (> 1200 raskasta ajoneuvoa /vrk/suunta)	2,0 × 10 ⁶
2	Moottori-, moottoriliikenne- ja muut tiet, joilla kuorma-autoista muodostuva liikenne- määrä on keskimääräinen (200...1200 raskas- ta ajoneuvoa /vrk/suunta)	0,5 × 10 ⁶
3	Päätiet, joilla kuorma-autojen liikennemäärä on vähäinen (50...200 raskasta ajoneuvoa /vrk/suunta)	0,125 × 10 ⁶
4	Paikallistiet, joilla kuorma-autojen liikenne- määrä on vähäinen (< 50 raskasta ajoneuvoa /vrk/suunta)	0,05 × 10 ⁶

Raskaan liikenteen jakauma saadaan standardin EN 1991-2 taulukosta 4.7, jossa oletetaan liikenteen tyyppiä ”Keskipitkä liikenne”, ellei hankekohtaisesti toisin määrätä.

Taulukkojen B4 ja 4.7 (standardissa EN 1991-2) avulla voidaan määrittää väsymismitoituksessa tarvittava ekvivalentti vauriokerroin λ_2 teräs- ja liittosilloille (ks. EN 1993-2 kappale 9.5.2) sekä $\lambda_{s,2}$ betonisilloille (ks. EN 1992-2, liite NN). Kyseisten taulukoiden kansalliset valinnat on valittu siten, että mitoitus vastaa todellista suomalaista raskasta liikennettä.

Tarkempi väsymismitoitusmenettely sekä valmiiksi lasketut λ_2 – kertoimet eri liikenteen luokille ja tyypeille esitetään materiaaliakohtaisissa sovellusohjeissa.

B.4.6.5 VäsytySKUORMAKAAVIO FLM4

VäsytySKUORMAKAAVIOSSA FLM4 kuormitetaan siltaa sarjalla ekvivalentteja kuorma-autoja, jotka yhdessä tuottavat Euroopan teillä tyypillisen liikenteen kaltaiset vaikutukset (ks. EN 1991-2 taulukko 4.7). Yksittäisten kuorma-autojen siltaa ylittäessään aiheuttamasta jännityksen vaihtelusta syntyvän jännitysvaihteluvälin spektrin ja vastaavan jaksojen lukumäärän määrittämiseen käytetään rainflow-menetelmää tai vesisäiliöanalogiaa.

VäsytySKUORMAKAAVION FLM4 käyttö on sallittu vain asianomaisen viranomaisen suosituksella. VäsytySKUORMAKAAVION FLM4 käyttö on perusteltua kansirakenteen yksityiskohtien väsymismitoituksessa (esim. teräksinen ortotrooppikansi). Asianomainen viranomainen voi tarvittaessa määrittää standardin EN 1991-2 taulukon 4.7 liikenteen tyyppin sekä laskennassa käytetyt ekvivalentit akselikuormat myös hankekohtaisesti.

B.4.6.6 VäsytySKUORMAKAAVIO FLM5

VäsytySKUORMAKAAVION FLM5 käyttö on sallittu vain asianomaisen viranomaisen suosituksella. VäsytySKUORMAKAAVIO FLM5 muodostuu suoraan mitatusta liikennetiedosta ja asianomainen viranomainen voi määrittää liikenteen jakauman sekä lopulliset ekvivalentit akselikuormat hankekohtaisesti.

B.4.7 Onnettomuuskuormat

Onnettomuuskuormat käsitellään tämän sovellusohjeen osiossa F. Standardin EN 1991-2 kappaleessa 4.7 esitetyt vaatimukset ovat voimassa ja niitä on noudatettava.

B.4.8 Siltojen maatumien ja niihin liittyvien muurien kuormat

Laskettaessa liikennekuorman aiheuttamaa maanpainetta voidaan pystysuoran liikennekuorman arvoksi penkereellä sillan takana otaksua 20 kN/m^2 , joka vaikuttaa koko hyödyllisellä leveydellä. Siipimuurien mitoituksessa käytetään kuormakaavioiden LM1 ja LM2 pyöräkuormia, mikäli ne ovat määräävämpiä kuin em. 20 kN/m^2 .

Liikennekuorman maanpaine lasketaan aina lepopainekertoimella.

Valtionapua saavien yksityisteiden siltojen mitoituksessa edellä mainitut kuormien arvot kerrotaan tämän julkaisun kohdassa B.4.3.2 esitetyllä sovituskertoimella 0,80.

Siirtymälaatan tukireaktio siltaan lasketaan seuraavilla otaksumilla:

- Siirtymälaatta on yksinkertainen palkki, jonka jännemitta on 60 % siirtymälaatan pituudesta. Loppuosa siirtymälaatasta tukeutuu suoraan penkereeseen.
- Tukireaktio otetaan huomioon päällysrakenteen kuormana vain jos se vaikuttaa mitoituskuormaa lisäävästi (siirtymälaatan päällä otaksutaan olevan tasainen liikennekuorma 20 kN/m^2)

Maatuen otsamuureihin (otsamuurin mitoituksessa) vaikuttaa sillan pituussuuntainen jarrukuorma, jonka suuruus on esitetty tämän sovellusohjeen kappaleessa B.4.4.1 (180 kN yleisten teiden silloilla, 144 kN valtionapua saavien yksityisteiden silloilla), jonka kanssa otsamuriin vaikuttaa samanaikaisesti myös pystysuuntainen kuorma 300 kN ($= \alpha \times Q_{1k}$) (valtionapua saavien yksityisteiden silloilla 240 kN) sekä täyte-maan maanpaine. Penkereellä sillan takana sijaitsevasta liikenteestä johtuvia vaaka-suuntaisia kuormia ei tarvitse ottaa huomioon samanaikaisesti (ks. standardin EN 1991-2 kuva 4.11).

Maatuen siipimuurin mitoituksessa tarkastetaan lisäksi tilanne, jossa hyötykuormana on liikennekuorman (20 kN/m^2) aiheuttama maanpaine ja pyöräkuorma (LM2 = 200 kN) siipimuurin päällä. Siiven päällä olevaa pyöräkuormaa ei tarvitse ottaa huomioon halkeilulaskennassa.

B.5 Kevyen liikenteen siltojen kuormat

B.5.3 Pystysuorien kuormien staattiset arvot

Kevyen liikenteen sillan suunnittelussa otetaan huomioon kolme eriaikaisesti vaikuttavaa kaaviota:

- tasaisesti jakautunut kuorma q_{fk}
- pistekuorma Q_{fwk}
- huoltoajoneuvo Q_{serv}

Tasaisesti jakautunut kuorma q_{fk} asetetaan vaikuttamaan vaikutuspinnan pitkittäis- ja poikittaissuunnassa epäedullisilla osilla (shakkilautakuormitus). Kuorma määritetään kaavalla:

$$q_{fk} = 2,0 + 120 / (L + 30), 2,5 \leq q_{fk} \leq 5,0 [kN/m^2] \quad (B.4)$$

, jossa L on kuormituspituus.

Jos sillalla on odotettavissa jatkuvan tiiviin tungoksen mahdollisuus, käytetään asianomaisen viranomaisen niin määrätessä mitoituskuormana tämän sovellusohjeen kappaleen B.4.3.5 tungoskuormaa (5 kN/m²).

Pistekuorman Q_{fwk} ominaisarvo on 20 kN, ja sen vaikutuspinta-ala on 0,2×0,2 m². Pistekuormaa käytetään, jos huoltoajoneuvon pääsy sillalle on estetty.

Huoltoajoneuvon kuormakaaviona käytetään standardin EN 1991-2 kuvassa 5.2 esitettyä onnettomuuskuormakaaviota. Kuormakaaviossa on kaksi akselia (akseliväli 3,0 m) kokonaispainoltaan 80 kN + 40 kN. Akselin rengaskuormien kosketuspinta-ala on 0,2×0,2 m² ja rengasväli 1,30 m. Suomen kansallisessa liitteessä on määritetty ajoneuvon leveydeksi 2,0 m.

B.5.4 Vaakasuorien kuormien staattiset arvot

Kevyen liikenteen sillan pituussuuntaisen kuorman arvo on $Q_{flk} = 72$ kN. Mikäli huoltoajoneuvo ei pääse sillalle rakenteellisista syistä johtuen (esim. portaat sillan päissä), käytetään pituussuuntaiselle kuormalle arvoa 20 kN.

Sivukuorman suuruus on 25 % edellä esitetystä pituussuuntaisen kuorman arvoista.

B.5.5 Kuormaryhmät

Eurokoodissa siltöjen liikennekuormia ei yhdistellä sellaisenaan muiden kuormien kanssa (kuten aiemmissa Tiehallinnon ohjeissa). Eurokoodissa muodostetaan kevyen liikenteen siltöjen liikennekuormista (pysty- ja vaakakuormista) ns. kuormaryhmiä, joita käsitellään yksittäisinä kuormina kuormitusyhdistelyissä. Kevyen liikenteen silloilla kuormaryhmiä on yhteensä kaksi kappaletta, eivätkä ne voi esiintyä samanaikaisesti kuormitusyhdistelyssä. Kevyen liikenteen siltöjen kuormaryhmät on esitetty taulukossa B5.

Taulukko B.5 Kevyen liikenteen siltöjen kuormaryhmät

	Pystykuormat		Vaakakuormat
	Tasainen kuorma q_{fk}	Huoltoajoneuvo Q_{serv} tai Pistekuorma Q_{fwk}	Q_{flk}
	[EN 1991-2 5.3.2.1]	[EN 1991-2 5.3.2.3]	[EN 1991-2 5.4]
gr1	Ominaisarvo		Ominaisarvo
	1		1
gr2		Ominaisarvo	Ominaisarvo
		1	1

Taulukkoon on kirjoitettu sisään (eurokoodin alkuperäisestä taulukosta poiketen, ks. EN 1991-2 taulukko 5.1) käytettävät yhdistelykertoimet.

Kevyen liikenteen siltöjen yhdistelykertoimet (Ψ_0 , Ψ_1 ja Ψ_2) esitetään taulukossa G2 ja kuormitusyhdistelyt murto- ja käyttörajatiloissa taulukoissa G4...G8. Tämän sovellusohjeen liitteessä 1 on esitetty sillansuunnittelussa tarvittavat kuormitusyhdistelyt murto- ja käyttörajatiloissa.

B.5.6 Onnettomuuskuormat

Onnettomuuskuormat käsitellään tämän kansallisen liitteen osiossa F. Standardin EN 1991-2 kappaleessa 5.6 esitetyt vaatimukset ovat voimassa ja niitä on noudatettava.

B.5.7 Kevyen liikenteen dynaamiset mallit

Ks. kappale G.4.3.2. Lisäohjeita voidaan antaa myös materiaaliakohtaisissa sovellusohjeissa. Asianomainen viranomainen voi antaa hankekohtaisesti lisäohjeita mukavuuskriteerejä koskien.

B.5.9 Siltöjen maatumien ja niihin liittyvien muurien kuormat

Kevyen liikenteen väylillä maanpainetta aiheuttavana pystykuorman arvona käytetään 10 kN/m². Kuorma vaikuttaa koko hyödyllisellä leveydellä. Ks. myös kohtaa B.4.9.

B.6 Raideliikennekuormat ja muut erityisesti rautatiesiltöja koskevat kuormat

B.6.1 Soveltamisala

Tilapäiset sillat mitoitetaan kuten pysyvät sillat.

α -kerroin voidaan valita vastaamaan tilapäisen rakenteen käytön aikana esiintyvää suurinta rautatieliikennekuormaa.

Suunnitteluperusteissa voidaan projektikohtaisesti esittää tilapäissiltöja koskevia ja siltöjen käyttöolosuhteista riippuvia erityisvaatimuksia (esim. vinoja siltöja koskevat erityisvaatimukset).

B.6.2 Raideliikennekuormien erittely syntytapansa mukaan

B.6.3 Pystykuormien ominaisarvot (staattiset vaikutukset) sekä kuormituksen epäkeskisyys ja jakautuminen

B.6.3.1 Yleistä

Junakuorma koostuu junan staattisia kuormia kuvaavasta kuormakaaviosta, junan dynaamisia kuormia kuvaavista pysty- ja vaakasuuntaisista lisäkuormista sekä keskikakuormasta.

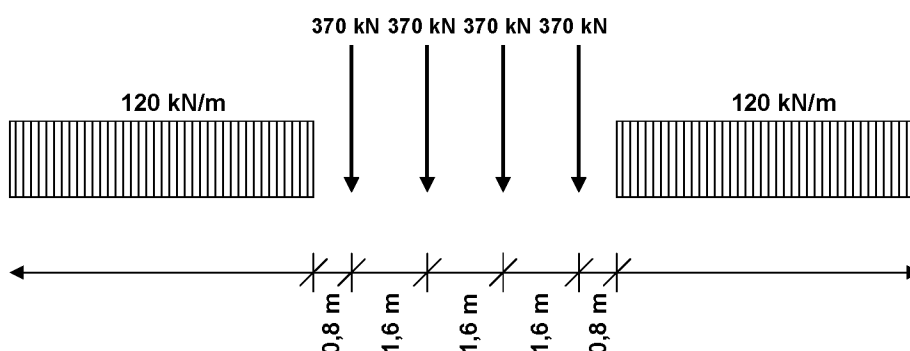
B.6.3.2 Kuormakaavio LM71

Kuormakaavio LM71 kuvaa levossa olevan normaalin raideliikenteen, jonka kaluston sallittu akselipaino on 22,5 tonnia, aiheuttamia pystysuoria ominaiskuormia. Kuormakaavio LM71 muodostuu neljästä ominaisakselikuormasta Q_{vk} ja ominaisnau-

Eurokoodin sovellusohje**Siltojen kuormat ja suunnitteluperusteet – NCCI 1 (5.11.2010)**

hakuormasta q_{vk} . Akselikuormat ja nauhakuorma sijoitetaan sillalle määrävällä tavalla. Nauhakuorma voi olla epäjatkua ja vaikuttaa kuinka monella osapituudella tahansa. Peräkkäisten akselikuormien lukumäärä voi vaihdella välillä 0...4 raidetta kohden.

Suomessa uudet rautatieliikenteen rasittamat rakenteet mitoitetaan kalustolle, jonka sallittu akselipaino on 35 tonnia. Kuormakaavio LM71 muutetaan vastaamaan tätä kuormitusta kertomalla se 35 tonnin kalustoa vastaavalla kertoimella $\alpha = 1,46$. Näin saatua luokiteltua kuormakaaviota merkitään tunnuksella LM71-35.



Kuva B.2 Luokiteltu kuormakaavio LM71-35

Taulukossa on esitetty kerroin α ja kuormakaavion LM71 ominaisarvojen luokitellut arvot (akselikuormat ja nauhakuormat) kaluston sallitun akselipainon funktiona.

Taulukko B.6 Kaluston sallittua akselipainoa vastaavan luokitellun kuormakaavion tunnuksiset sekä vastaavat staattiset nauhakuormien ja akselikuormien arvot.

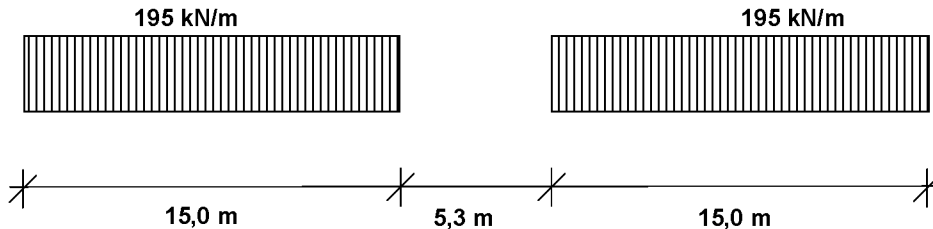
Kaluston sallittu akselipaino [kN]	Luokitellun kuormakaavion tunnus	Kerroin α	Luokitellun kuormakaavion akseli-kuorma Q_v [kN]	Luokitellun kuorma-kaavion nauha-kuorma q_v [kN/m]
350	LM71-35	1,46	370	120
300	LM71-30	1,33	330	106
275	LM71-27,5	1,21	300	96
250	LM71-25	1,10	275	88
225	LM71-22,5	1,00	250	80
170	LM71-17	0,75	188	60

Käyttörajan taipumatarkastelu tehdään käyttäen luokiteltuja kuormakaavioita, paitsi matkustusmukavuutta tarkasteltaessa, jolloin käytetään luokittelematonta kuormakaaviota ($\alpha = 1,00$).

B.6.3.3 Kuormakaaviot SW/0 ja SW/2

Kuormakaavio SW/0 kuvaa levossa olevan normaalin raideliikenteen, jonka kaluston sallittu akselipaino on 22,5 tonnia, aiheuttamia pystysuoria ominaiskuormia jatkuville rakenteille. Kuormakaavio SW/0 muodostuu kahdesta erillisestä ominaisnauhakuormasta q_v . Kuormakaavio sijoitetaan sillalle määrävällä tavalla.

Jatkuvat rakenteet mitoitetaan sekä kuormakaavioille LM71 että kuormakaavioille SW/o. Kuormakaavio SW/o luokitellaan kuten LM71. Näin saatua luokiteltua kuormakaaviota merkitään tunnuksella SW/o-35.



Kuva B.3 Luokiteltu kuormakaavio SW/o-35

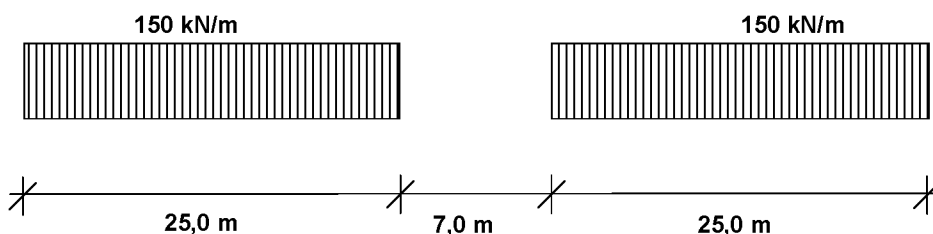
Taulukko B.7 Kaluston sallittua akselipainoa vastaavan luokitellun kuormakaavion tunnuksat jatkuville rakenteille sekä vastaavat staattiset nauhakuormien arvot.

Kaluston sallittu akselipaino [kN]	Luokitellun kuormakaavion tunnus	Kerroin α	Luokitellun kuormakaavion nauha-kuorma q_v [kN/m]
350	SW/o-35	1,46	195
300	SW/o-30	1,33	146
275	SW/o-27,5	1,21	161
250	SW/o-25	1,10	177
225	SW/o-22,5	1,00	133
170	SW/o-17	0,75	100

Kuormakaavio SW/2 kuvaa levossa olevan raskaan raideliikenteen aiheuttamia pysytysuoria ominaiskuormia. Kuormakaavio SW/2 muodostuu kahdesta erillisestä ominaisnauhakuormasta. Kuormakaavio sijoitetaan sillalle määrävällä tavalla.

Kuormakaaviota SW/2 ei luokitella.

Kuormakaaviota SW/2 käytetään raskaan liikenteen radoilla ja sen käyttötarve ja ne rataosat, joissa kuormakaaviota SW/2 sovelletaan, ilmoitetaan projektikohtaisissa suunnitteluperusteissa.



Kuva B.4 Kuormakaavio SW/2

B.6.3.4 Kuormakaavio "kuormittamaton juna"

Kuormakaavio "kuormittamaton juna" koostuu tasaisesti jakautuneesta kuormasta, jonka ominaisarvo q_{vk} on 10,0 kN/m raiteen suunnassa ja joka voi vaikuttaa kuinka monella raiteen osapituudella tahansa.

Kuormakaaviota "kuormittamaton juna" tulee yleensä tarkastella vain mitoitettaessa rakenteita, joiden varassa on yksi raide.

Kuormakaaviota "kuormittamaton juna" ei luokitella.

B.6.3.5 Pystykuormien epäkeskisyys (kuormakaaviot 71 ja SW/o)

Kuormakaavion epäkeskisyys raiteen keskiviivaan nähden on ± 88 mm.

Väsytsymitoituksessa ei tätä epäkeskisyyttä tarvitse ottaa huomioon.

Raiteen sijainnin toleranssiksi oletetaan ± 120 mm.

Ratapiha-alueilla ja muualla, missä on varauduttava raiteiston aseman muutoksiin, rautatiesillat tulee suunnitella niin, että muutos on mahdollinen ja että rautatiekuorma voi sijaita sillan myöhemmällä levennyksellä ja vanhan ja uuden rakenteen välisellä saumaosalla.

B.6.3.6 Akselikuormien jakautuminen kiskojen, ratapölkkyjen ja tukikerroksen välityksellä

Akselikuormasta oletetaan 50 % kuormittavan sen alla olevaa pölkkyä ja 25 % kohdistuu kummallekin tämän pölkyn viereiselle pölkylle.

Paikallisia vaikutuksia mitoitettaessa oletetaan kuormien jakaantuvan tukikerroksessa pölkyn alapinnasta alaspäin kaltevuudessa 4:1 pituus- ja poikkisuuntaan.

Rakenteen päällä olevassa pengertäytytteessä junakuorman voidaan olettaa jakautuvan "Ratatekniset ohjeet" (RATO) osassa 3 "Radan rakenne" esitetyllä tavalla.

Pengertä tukevien ja lähellä rataa sijaitsevien rakenteiden mitoituksessa tulee ottaa huomioon raideliikenteen pituus-, poikki- ja pystysuuntaiset kuormat.

Maarakenteita mitoitettaessa luokitellun junakuorman voidaan olettaa jakautuvan 3,0 m leveäksi tasaiseksi kuormaksi 500 mm syvyydellä korkeusviivasta. Tällöin ei kuorman dynaamista suurennuskerrointa tarvitse ottaa huomioon.

B.6.3.7 Yleisöltä suljettujen kulkukäytävien kuormat

Huoltokäytävät mitoitetaan erikseen tasan jakautuneelle pystysuuntaiselle kuormalle, jonka ominaisarvo on 5 kN/m², ja pistekuormalle 2,0 kN, joka on jakautunut tasan 200*200 mm² alueelle.

Kaiteet ja muut vastaavat rakenteet mitoitetaan vaakasuuntaisille kuormille EN1991-1-1 luokkien C ja B1 mukaisesti.

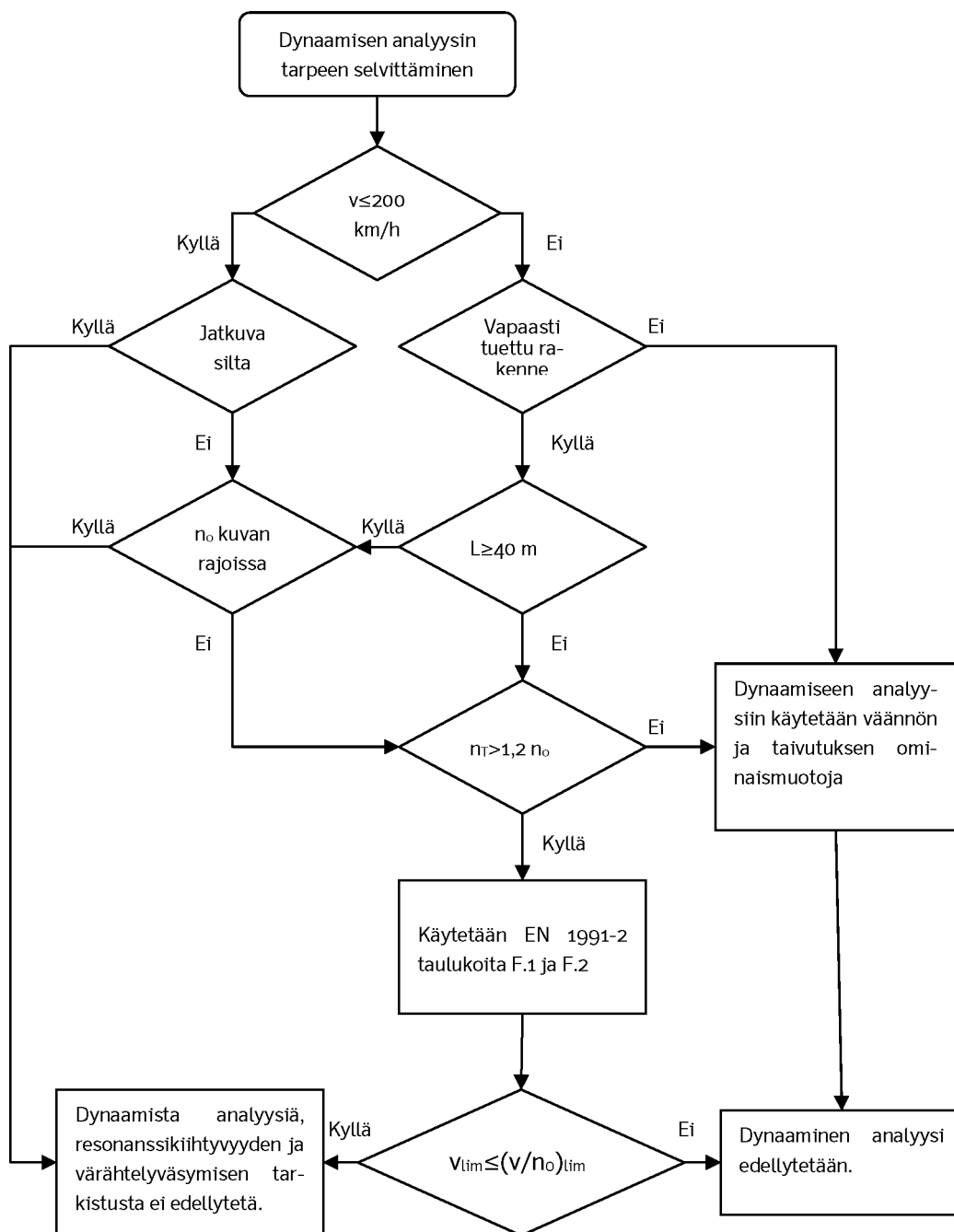
B.6.4 Dynaamiset vaikutukset (resonanssi mukaan luettuna)

Kuorman liikkumisen vaikutukset raideliikenteen kuormanvaikutuksiin (jännitykset, taipumat, sillan kannen kiihtyvyys jne.) tulee ottaa huomioon.

Dynaamisiin ominaisuuksiin vaikuttaa mm.:

- liikenteen nopeus
- rakenneosan jännemitta L
- rakenteen massa
- rakenteen ominaistuuuuet ja ominaismuodot
- akseleiden lukumäärä, akselikuormat ja akselivälit
- rakenteen vaimennus
- raiteen epäsäännöllisyydet
- liikennevälineen massa ja ripustusominaisuudet
- kansirakenne tai radan päällysrakenne
- liikennevälineen epätarkkuudet

Vaatimukset, joiden perusteella selvitetään, edellytetäänkö staattinen vai dynaaminen analyysi, esitetään alla olevassa kuvassa.



Kuva B.5 Dynaamisen analyysin tarpeen määrittäminen

Tavanomaiset rautatiesillat tulee mitoittaa siten, ettei dynaamista analyysiä eikä resonanssikihtyvyyden ja värähtelystä johtuvaa väsymisen tarkistusta tarvita. Tavanomaisista poikkeavissa silloissa suunnitteluperusteet tulee projektikohtaisesti sopia Liikenneviraston kanssa.

Siltojen, joilla sallittu nopeus on yli 200 km/h, suunnitteluperusteet määritetään projektikohtaisesti.

Kaaviossa

V on suurin sillan kohdalla sallittu nopeus [km/h]

L on jännemitta [m]

n_o on pysyvien kuormien kuormittaman sillan alin ominaistaajuus taivutuksessa [Hz]

n_T on pysyvien kuormien kuormittaman sillan alin ominaistaajuus väännössä [Hz]

v_{lim} on suurin nimellinopeus [m/s]

$(v/n_o)_{lim}$ esitetään EN 1991-2 liitteessä F.

Ominaistaajuuden n_o ylärajan määräävät raiteen epäsäännöllisyyksistä johtuvat dynaamiset lisävaikutukset, ja se saadaan kaavasta:

$$n_o = 94,76L - 0,748 \quad (\text{B.5})$$

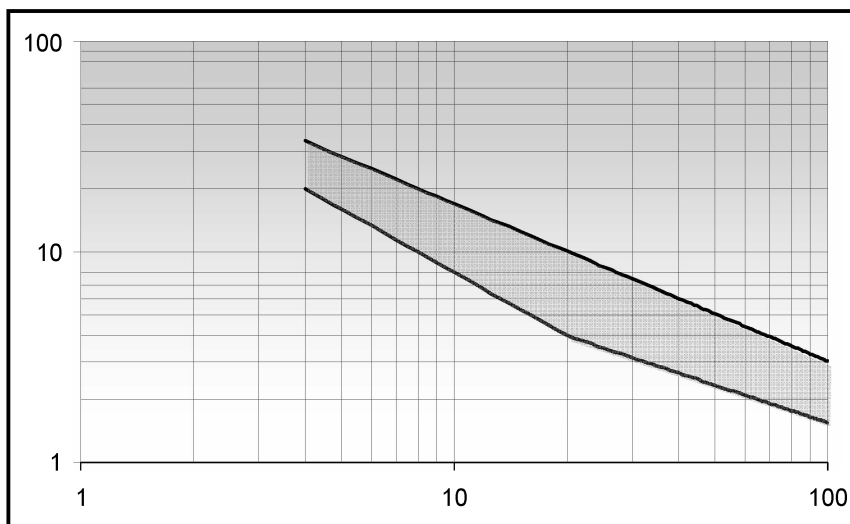
Ominaistaajuuden n_o alarajan määräävät dynaamiset sysäyskriteerit, ja se saadaan kaavasta:

$$n_o = \begin{cases} 80/L & , \text{ kun } 4 \text{ m} \leq L \leq 20 \text{ m} \\ 23,58L - 0,592 & , \text{ kun } 20 \text{ m} \leq L \leq 100 \text{ m} \end{cases} \quad (\text{B.6})$$

missä:

n_o on sillan alin ominaistaajuus, kun otetaan huomioon pysyviä kuormia vastaava massa ja

L on vapaasti tuetun sillan jännemitta tai L_Φ muuntityyppisillä silloilla.



Kuva B.6 Sillan ominaistaajuuden n_o [Hz] rajat jännemitan L [m] funktiona. Tummennettuna alue, jolla ei tarvitse suorittaa dynaamista analyysia.

B.6.4.5 Dynaaminen suurennuskerroin Φ (Φ_2 , Φ_3)

Junakuorman dynaaminen suurennuskerroin kuvaa liikkuvan junan sysäysten aiheuttamia pystysuoran ominaiskuorman lisäyksiä. Sysäysten vaikutus kuormakaavioon LM71 saadaan kertomalla kuormakaavio dynaamisella suurennuskertoimella Φ_1 .

Uudet sillat mitoitetaan dynaamiselle suurennuskertoimelle Φ_2 .

$$\Phi_2 = \frac{1,44}{\sqrt{L_\Phi} - 0,2} + 0,82 \quad (\text{B.7})$$

Sysäyskertoimen raja-arvot ovat:

$$1,00 \leq \Phi_2 \leq 1,67$$

Sysäyskertoimen laskennassa käytettävä jännemitta L_Φ on esitetty EN 1991-2 taulukossa 6.2.

Kun siltarakenteen päällä on peitettä h (rakenteen yläpinnan ja pölkyn yläpinnan välinen mitta) enemmän kuin 1 m, sysäyskerrointa voidaan pienentää seuraavalla kaavalla.

$$\Phi_r = \Phi_2 - \frac{h - 1,00}{10} \geq 1,0 \quad (\text{B.8})$$

EN 1991-2 taulukon 6.2 tapauksissa 1.4, 2.3, 3.4, 4.5 ja 4.6 voidaan käyttää suositusravasta poiketen arvoa Φ_2 .

Teräsputkisilloilla voidaan L_Φ :n arvona käyttää putkisillan vapaata aukkoa.

Yli 0,50 m pitkät, raideliikenteen kuormittamat ulokkeet, edellyttävät erityistarkastelua EN 1991-2 kohdan 6.4.6 mukaisesti käyttäen kuormia, joista on sovittu asianomaisen viranomaisen kanssa.

Jos $l \leq 2,5$ m ja $l \leq 2 \times h$, missä l = ulokkeen pituus ja h = rakennekorkeus, ei erityistarkastelua tarvita.

B.6.5 Vaakasuuntaisten kuormien ominaisarvot

B.6.5.1 Keskipakokuormat

Junakuorman keskipakokuorma kuvaa kaarteessa liikkuvan junan aiheuttamia ominaiskuormia. Keskipakokuorma vaikuttaa 2 m korkeudella kiskon selästä. Keskipakokuorma F on rakennetta kuormittavan, luokitellusta kuormakaaviosta LM71 lasketun, pystykuorman P (kN) (ilman sysäyslisää Φ_2), kaarresäteen R (m) ja rataosan tavoitenopeuden v (m/s) funktio.

$$F = P \cdot \frac{v^2}{9,81 \cdot R} \quad (\text{B.9})$$

Kaluston sallittu akselipaino ja sitä vastaava tavoitenopeus annetaan suunnitteluperusteissa.

B.6.5.2 Sivuysäyskuorma

Junakuorman sivusuuntainen lisäkuorma kuvaa liikkuvan junan sivusuuntaisten sysäysten aiheuttamat ominaiskuormat. Sivuysäyskuorman ominaiskuorman suuruus on 100 kN.

Sivuysäyskuorma luokitellaan. Luokiteltu sivuysäyskuorma on 146 kN ($\alpha = 1,46$).

Sivuysäyskuorman oletetaan vaikuttavan siltaan missä kohtaa tahansa korkeusviivan tasolla.

B.6.5.3 Vedosta ja jarrutuksesta aiheutuvat kuormat

Veto- ja jarrutuskuormat vaikuttavat kiskon selän korkeudella ja kuvaavat liikkuvan kaluston aiheuttamia pituussuuntaisia ominaiskuormia.

Ominaisvetokuorma:

$$Q_{lak} = 33[kN/m] \cdot L_{a,b}[m] \leq 1000kN \quad (B.10)$$

Ominaisjarrukuorma:

$$Q_{lbk} = 20[kN/m] \cdot L_{a,b}[m] \leq 6000kN \quad (B.11)$$

Silloilla, joilla on vähintään kaksi raidetta, voidaan veto- ja jarrukuorma ottaa huomioon vain kahdella raiteella ja siten, että toisen raiteen ominaisjarrukuorma voidaan rajoittaa arvoon 1000 kN.

Sillan veto- ja jarrukuormat luokitellaan. Luokiteltujen veto- ja jarrukuormien suurimmat arvot, kun $\alpha = 1,46$, ovat $Q_{la,max} = 1460$ [kN] ja $Q_{lb,max} = 8760$ [kN].

Suunnitteluperusteissa voidaan projektikohtaisesti määritellä lisävaatimukset henkilöliikenneraiteille, yli 300 m pitkille silloille ja muita vaatimuksia.

Veto- ja jarrukuormat voidaan jättää ottamatta huomioon kuormakaavion ”kuormittamaton juna” yhteydessä.

Sillan ja raiteen yhteistoiminnan kautta osa veto- ja jarrukuormista kulkeutuu penkereeseen sillan ulkopuolelle riippuen sillan rakenteesta, kiskotuksesta (jatkuvakiskoraide, pitkäkiskoraide, lyhytkiskoraide, kiskonliikuntalaite) ja liikkuvasta kalustosta.

Veto- ja jarrutuskuormien jakautuminen raiteen ja rakenteiden kesken lasketaan sillan ja raiteen yhteistoiminnan avulla (ks. EN 1991-2 kohta 6.5.4).

Veto- ja jarrutuskuormien jakautuminen raiteen ja rakenteiden kesken voidaan laskea myös oheisella yksinkertaistetulla tavalla:

Sillalla, jossa on tukikerros ja jatkuvakiskoraide, voidaan näiden kuormien ominaisarvoja vähentää 50 %, kuitenkin enintään 600 kN. Sillalla, jonka vain toisessa päässä on kiskonliikuntalaite, voidaan näiden kuormien ominaisarvoja vähentää vastaavasti 25 %, kuitenkin enin-

tään 300 kN. Tällöin sillan ominaisveto- ja ominaisjarrukuormat vähennyksineen kerrotaan kertoimella α .

Vapaasti tuetulla sillalla, jossa on tukikerros ja jatkuvakiskoraide ja jonka siltakannen pituus on alle 10,0 m, ei veto- ja jarrukuormia tarvitse ottaa sillan päällysrakenteen laskelmissa huomioon.

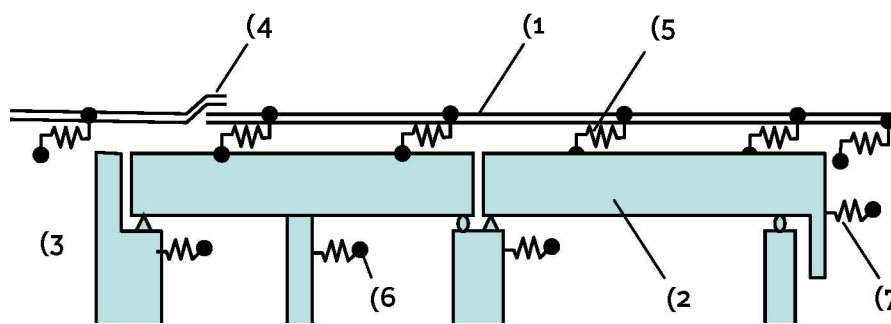
Kohdan 6.5.4.5.1 (1) mukaisissa raiteen sallituissa lisäjännityksissä ei tarvitse ottaa huomioon lämpötilakuormia, mikäli jatkuvakiskoraiteet ovat tukikerroksisella sillalla ankkuroitu asianmukaisesti.

Siltajonon yksittäisen siltalohkon pituussuuntainen veto- ja jarrutuskuorma voidaan määrittää prosenttiosuutena koko siltajonolle tulevas-
ta veto- ja jarrutuskuormasta.

Radoilla, jotka välittävät erikoisliikennettä (esim. henkilöliikennera-
dat), veto- ja jarrukuormina voidaan käyttää 25 % "todellisen junan" niiden akselikuormien summasta, jotka vaikuttavat kussakin tarkasteltavassa kuormitustapauksessa, ominaisvetokuor-
man enimmäisarvon ollessa 1000 kN ja ominaisjarrukuorman enimmäisarvon ollessa 6000 kN. Luokitellut veto- ja jarrukuormat saadaan käyttämällä kaluston sallittua akselipainoa vastaavaa α -kerrointa ($\alpha \geq 1$). Erikoisliikennettä välittävät radat ja niihin liittyvät kuormituksen yksityiskohdat mukaan lukien muu radalle sallittu liikenne, esim. raiteen kunnossapitoon ym. käytettävät junat, määritellään projektikohtaisissa suunnitteluperusteissa.

B.6.5.4 Muuttuvista kuormista syntyvä raiteen ja siltarakenteen yhteisvaste muuttuville kuormille

Sillan ja raiteen välinen yhteistoiminta voidaan mallintaa alla olevaa kuvaa soveltaen kuormanvaikutusten määrittämiseksi.

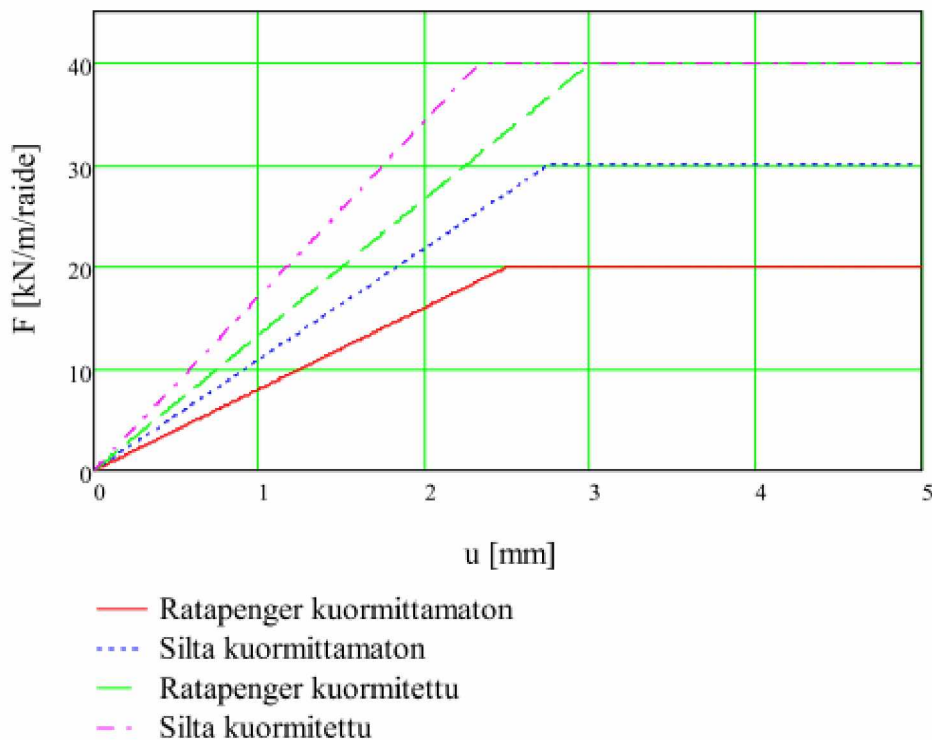


- (1) raide
- (2) päällysrakenne (koostuen kahdesta lohkoista)
- (3) penkere
- (4) mahdollinen kiskonliikuntalaite
- (5) pituussuuntainen bi-lineaarinen jousi, joka kuvaa kiskoon vaikuttavan pituussuuntaisen kuorman ja siirtymäeron välistä yhteyttä
- (6) pituussuuntainen jousi, joka kuvaa sillan alusrakenteeseen vaikuttavan pituussuuntaisen kuorman ja siirtymäeron välistä yhteyttä
- (7) pituussuuntainen bi-lineaarinen jousi, joka kuvaa siltakannen päähän vaikuttavan pituussuuntaisen kuorman ja siirtymäeron välistä yhteyttä

Kuva B.7

Jousilla voidaan kuvata myös pysty- ja poikkisuuntaisten kuormien ja siirtymien välisiä yhteyksiä, mikäli ne ovat merkittäviä.

Alla olevassa kuvassa on esitetty kiskon ja maan välisen pituussuuntaisen yhteistoiminnan bi-lineaarinen siirtymän ja voiman välinen yhteys.



Kuva B.8 Kiskon ja maan välinen pituussuuntainen yhteistoiminta

B.6.7 Suistumiskuormat ja muut rautatiesiltojen kuormat

B.6.7.1 Rautatiesiltään kohdistuvat junan suistumiskuormat

Rautatiesillat mitoitetaan seuraaville suistumistilanteille:

- juna suistuu, mutta viereinen kisko tai kannen rakenne estää junaa etääntymästä raiteesta (mitoitustilanne I).
- juna suistuu ja kuormittaa koko painollaan sillan reunaa ei kuitenkaan reunapalkin erottamia ei-kantavia rakenteita kuten huoltokäytäviä (mitoitustilanne II).

Mitoitustilanteessa I mitoituskuorma onnettomuusmitoitustilanteessa on $\alpha \times 1,4 \times \text{LM 71}$ (sisältäen pistekuormat ja tasaisesti jakautuneen kuorman), joka voi sijaita raiteen suuntaisesti enintään 2,3 m raiteen keskiviivan kummalla tahansa puolella. Tukikerroksellisessa sillassa kuorma voidaan kohdistaa kannella $450 \times 450 \text{ mm}^2$ alueelle. Mitoitustilanteessa I sillan pääraakenneosat eivät saa sortua, mutta paikallinen vaurio voidaan hyväksyä.

Mitoitustilanteessa II mitoituskuorma onnettomuusmitoitustilanteessa on $\alpha \times 1,4 \times \text{LM71}$ (vain nauhakuorma), joka on jakautunut tasaisesti 20 m kokonaispituudelle. Tukikerroksellisessa sillassa kuorma voidaan kohdistaa kannella 450 mm^2 levyiselle

alueelle. Mitoitustilannetta II käytetään määrittettäessä rakenteen murtolujuutta tai vakavuutta jäykkänä rakenteena. Yksittäisiä rakenneosia ei tarvitse mitoittaa tälle kuormalle.

Mitoitustilanteet I ja II eivät vaikuta samanaikaisesti.

B.6.7.2 Junan suistuessa rakenteen alapuolella tai vieressä ja muut onnettomuusmitoitustilanteissa syntyvät kuormat

Onnettomuuskuormat käsitellään tämän sovellusohjeen osiossa F.

B.6.7.3 Muut kuormat

Lämpötilavaihtelun vaikutus kiskoissa tulee ottaa huomioon sillalla, joka on kaarteessa ja jossa on jatkuvakiskoraide ilman kiskonliikuntalaitteita. Tämän kuorman voidaan olettaa olevan ± 1000 kN/raide ja vaikuttavan raiteen suunnassa.

Raiteen ankkuroinnin aiheuttamat kuormitukset tulee ottaa huomioon.

Rakenteisiin kohdistuvat varusteiden ja laitteiden (mm. sähköradan rakenteet) aiheuttamat kuormitukset tulee ottaa huomioon.

B.6.8 Rautatiesiltöjen kuormittaminen liikennekuormilla

Rakenne tulee suunnitella vaadittavan raiteiden määrän ja sijainnin perusteella raiteille määritellyn sijainnin ja toleranssien mukaisesti. Raiteiden sijainti ja toleranssit voidaan määrittellä myös projektikohtaisesti suunnitteluperusteissa.

Jokainen rakenne suunnitellaan myös siten, että geometrian ja rakenteen kannalta mahdollisimman monta raidetta asetetaan epäedullisimpaan asemaansa riippumatta suunnitelmassa tarkoitettujen raiteiden sijainnista, kun otetaan huomioon määrittelyjen mukaiset vähimmäisraidevälit ja aukean tilan ulottuman vaatimukset. Raiteiden vähimmäisvälit ja aukean tilan ulottuman vaatimukset voidaan määrittellä hankekohteisesti.

Kaikkien kuormien vaikutukset tulee määrittää siten, että liikennekuormat ja muut kuormat sijoitetaan epäedullisimpiin paikkoihinsa. Liikennekuormat, jotka pienentävät kuormanvaikutuksia, tulee jättää huomiotta.

Kuormakaaviosta LM71 aiheutuvien epäedullisimpien kuormanvaikutusten määrittämistä varten tulee rakenteen kuormaksi asettaa:

- LM71 vaikuttamaan yhdelle raiteelle, kun rakenteen varassa on vain yksi raide
- LM71 vaikuttamaan yhdelle tai kahdelle raiteelle, kun rakenteen varassa on enintään kaksi raidetta
- LM71 vaikuttamaan yhdelle tai kahdelle raiteelle tai 0,75-kertainen LM71 vähintään kolmelle raiteelle, kun rakenteen varassa on vähintään kolme raidetta.

Jatkuvat sillat tulee kuormakaavion LM71 lisäksi tarkistaa käyttäen kuormakaaviota SW/O.

Kuormakaaviosta SW/0 aiheutuvien epäedullisimpien kuormanvaikutusten määrittämistä varten tulee rakenteen kuormaksi asettaa:

- SW/0 vaikuttamaan yhdelle raiteelle, kun rakenteen varassa on vain yksi raide
- SW/0 vaikuttamaan yhdelle tai kahdelle raiteelle, kun rakenteen varassa on enintään kaksi raidetta
- SW/0 vaikuttamaan yhdelle tai kahdelle raiteelle tai 0,75-kertainen SW/0 vähintään kolmelle raiteelle, kun rakenteen varassa on vähintään kolme raidetta.

Kuormakaaviosta SW/2 aiheutuvien epäedullisimpien kuormanvaikutusten määrittämistä varten tulee rakenteen kuormaksi asettaa:

- SW/2 vaikuttamaan yhdelle raiteelle, kun rakenteen varassa on vain yksi raide
- SW/2 vaikuttamaan yhdelle raiteelle ja LM71 tai SW/0 vaikuttamaan yhdelle muulle raiteelle, kun rakenteen varassa on vähintään kaksi raidetta.

Jos dynaaminen analyysi edellytetään, tulee siltöjen mitoitus tarkistaa tarvittaessa myös kuormakaavion "todellinen juna" ja kuormakaavion HSLM aiheuttamaa kuormitusta käyttäen.

Siirtymätilaa ja värähtelyä tarkistettaessa tulee pystykuormituksena käyttää kuormakaavioita:

- LM71 ja lisäksi jatkuvilla rakenteilla SW/0

sekä tarvittaessa

- SW/2
- HSLM
- "todellinen juna"

Sillan kannen siirtymä- ja värähtelyrajoja tarkistettaessa raiteita kuormitetaan siten, että kaikki raiteisiin liittyvät asianmukaiset liikennekuormat otetaan mukaan, tarvittaessa myös luokiteltuina.

Taulukko B.8 Siirtymä- ja värähtelyrajojen tarkistusta varten kuormitettavien raiteiden lukumäärä

Rajatilakriteerit ja muut hyväksyntäkriteerit	Raiteiden määrä sillalla		
	1	2	≥ 3
Liikenteen turvallisuuden tarkistukset:			
Kannen vääntö (EN 1990 kohta A2.4.4.2.2)	1	1 tai 2 ^{a)}	1 tai 2 tai 3 tai enemmän ^{b)}
Kannen pystytaipuma (EN 1990 kohta A2.4.4.2.3)	1	1 tai 2 ^{a)}	1 tai 2 tai 3 tai enemmän ^{b)}
Kannen poikittaissiirtymä (EN 1990 kohta A2.4.4.2.4)	1	1 tai 2 ^{a)}	1 tai 2 tai 3 tai enemmän ^{b)}
Sillan ja raiteen yhteisvaste muuttuvien kuormien vaikuttaessa, mukaan lukien kannen pään pystysuuntainen ja pituus-suuntainen siirtymä (6.5.4)	1	1 tai 2 ^{a)}	1 tai 2 ^{a)}
Kannen pystysuuntainen kiihtyvyys (6.4.6 ja EN 1990 kohta A2.4.4.2.1)	1	1	1
Käyttörajatilatarkistukset:			
Matkustajamukavuuskriteerit (EN 1990 kohta A2.4.4.3)	1	1	1
Murtorajatilatarkastelut			
Nousu laakereilta (EN1990 kohta A2.4.4.1(2)P)	1	1 tai 2 ^{a)}	1 tai 2 tai 3 tai enemmän ^{b)}

^{a)} valitaan epäedullisin^{b)} kuormitettavien raiteiden määrä valitaan taulukon 6.11 mukaan

Ratapihoilla ja paikoissa, joissa liikkuva kalusto voi olla pysäköitynä rakenteelle pidemmän aikaa, tulee tällaisen kuormituksen vaikutus rakenteen kuivatukseen ottaa huomioon.

Radan ylittävä silta tai muu vastaava rakenne ei saa siirtyneessä tilassa loukata aukean tilan ulottuman vaatimuksia.

Suunnitteluperusteissa tulee esittää vaatimukset, jotka koskevat sähköradan rakenteiden kiinnittämistä radan ylittäviin rakenteisiin.

Kuormituksen samanaikaisuus voidaan ottaa huomioon tarkastelemalla kuormaryhmiä. Jokaista kuormaryhmää pidetään yksittäisenä muuttuvana kuormana eikä voi esiintyä samanaikaisesti toisen kuormaryhmän kanssa. Kuormaryhmä voidaan yhdistää vain muiden kuin liikennekuormien kanssa.

Taulukossa B.9 esitetyillä kuormaryhmäkohtaisilla kertoimilla kerrotaan kuormaryhmän osakuormien ominaisarvot.




Myös muut asianmukaiset yksittäisten epäedullisten liikennekuormien yhdistelmät, kuin taulukossa B.9 esitetyt, tulee tarkastella (ks. standardin EN 1990 kohtaa A2.2.6(4)), jolloin yhdistely tehdään standardin EN 1990 taulukon A2.3 mukaisesti.

Taulukko B.9 Raideliikenteen kuormaryhmät

Sillalla olevien raiteiden määrä			Kuormaryhmät			Pystykuormat			Vaakakuormat			Huomautus
			Viittaus tässä osassa EN 1991-2			6.3.2 / 6.3.3	6.3.3	6.3.4	6.5.3	6.5.1	6.5.2	
1	2	3	Kuormitettujen raiteiden määrä	Kuormaryhmä ⁽⁶⁾	Kuormitettu raide	LM 71, SW/o ^{(1),(2)} HSLM ^{(6),(7)}	SW/2 ^{(1),(3)}	Kuormittamaton juna	Veto, jarrutus ⁽¹⁾	Keskipako kuorma ⁽¹⁾	Sivusäyskuorma ⁽¹⁾	
			1	gr 11	T ₁	1			1 ⁽⁵⁾	0,5 ⁽⁵⁾	0,5 ⁽⁵⁾	Suurin T ₁ :n pysty- ja suurin pitkittäinen kuorma
			1	gr 12	T ₁	1			0,5 ⁽⁵⁾	1 ⁽⁵⁾	1 ⁽⁵⁾	Suurin T ₁ :n pysty- ja suurin poikittainen kuorma
			1	gr 13	T ₁	1 ⁽⁴⁾			1	0,5 ⁽⁵⁾	0,5 ⁽⁵⁾	Suurin pitkittäinen kuorma
			1	gr 14	T ₁	1 ⁽⁴⁾			0,5 ⁽⁵⁾	1	1	Suurin poikittainen kuorma
			1	gr 15	T ₁			1		1 ⁽⁵⁾	1 ⁽⁵⁾	Poikittaisvakavuus ja "kuormittamaton juna"
			1	gr 16	T ₁		1		1 ⁽⁵⁾	0,5 ⁽⁵⁾	0,5 ⁽⁵⁾	SW/2 ja suurin pitkittäinen kuorma
			1	gr 17	T ₁		1		0,5 ⁽⁵⁾	1 ⁽⁵⁾	1 ⁽⁵⁾	SW/2 ja suurin poikittainen kuorma
			2	gr 21	T ₁ T ₂	1 1			1 ⁽⁵⁾ 1 ⁽⁵⁾	0,5 ⁽⁵⁾ 0,5 ⁽⁵⁾	0,5 ⁽⁵⁾ 0,5 ⁽⁵⁾	Suurin T ₁ :n pysty- ja suurin pitkittäinen kuorma
			2	gr 22	T ₁ T ₂	1 1			0,5 ⁽⁵⁾ 0,5 ⁽⁵⁾	1 ⁽⁵⁾ 1 ⁽⁵⁾	1 ⁽⁵⁾ 1 ⁽⁵⁾	Suurin T ₂ :n pysty- ja suurin poikittainen kuorma
			2	gr 23	T ₁ T ₂	1 ⁽⁴⁾ 1 ⁽⁴⁾			1 1	0,5 ⁽⁵⁾ 0,5 ⁽⁵⁾	0,5 ⁽⁵⁾ 0,5 ⁽⁵⁾	Suurin pitkittäinen kuorma
			2	gr 24	T ₁ T ₂	1 ⁽⁴⁾ 1 ⁽⁴⁾			0,5 ⁽⁵⁾ 0,5 ⁽⁵⁾	1 1	1 1	Suurin poikittainen kuorma
			2	gr 26	T ₁ T ₂	 1	1		1 ⁽⁵⁾ 1 ⁽⁵⁾	0,5 ⁽⁵⁾ 0,5 ⁽⁵⁾	0,5 ⁽⁵⁾ 0,5 ⁽⁵⁾	SW/2 ja suurin pitkittäinen kuorma
			2	gr 27	T ₁ T ₂	 1	1		0,5 ⁽⁵⁾ 0,5 ⁽⁵⁾	1 ⁽⁵⁾ 1 ⁽⁵⁾	1 ⁽⁵⁾ 1 ⁽⁵⁾	SW/2 ja suurin poikittainen kuorma
			≥ 3	gr 31	T ₁	0,75			0,75 ⁽⁵⁾	0,75 ⁽⁵⁾	0,75 ⁽⁵⁾	Lisäkuormitustapaus

Eurokoodin sovellusohje**Siltojen kuormat ja suunnitteluperusteet – NCCI 1 (5.11.2010)**

- (1) Kaikki asianomaiset kertoimet (α, Φ, f, \dots) tulee ottaa huomioon.
- (2) SW/0 tulee ottaa huomioon vain jatkuvissa palkkirakenteissa.
- (3) SW/2 otetaan huomioon suunnitteluperusteiden edellyttämällä tavalla.
- (4) Kerroin voidaan pienentää arvoon 0,5, jos vaikutus on edullinen, se ei voi olla nolla.
- (5) Edullisissa tapauksissa näille ei-määräville kuormille tulee antaa arvo 0.
- (6) HSLM ja "todelliset junat" otetaan huomioon suunnitteluperusteiden edellyttämällä tavalla.
- (7) Otetaan huomioon suunnitteluperusteiden edellyttämällä tavalla.
- (8) Ks. myös standardin EN 1990 taulukkoa A2.3.

	Ryhmän määräävä osakuorma
	Yhtä raidetta tukevaa rakennetta mitoitettaessa tarkasteltavat yhdistelmät (kuormaryhmät 11...17)
	Kahta raidetta tukevaa rakennetta mitoitettaessa tarkasteltavat yhdistelmät (kuormaryhmät 11...27 paitsi 15). Kumpaakin raidetta tarkastellaan joko raiteena T ₁ (raide 1) tai T ₂ (raide 2)
	Vähintään kolmea raidetta tukevaa rakennetta mitoitettaessa tarkasteltavat yhdistelmät (kuormaryhmät 11...31 paitsi 15). Mitä tahansa yhtä raidetta tarkastellaan raiteena T ₁ , mitä tahansa muuta raidetta raiteena T ₂ kaikkien muiden raiteiden ollessa kuormittamattomia. Lisäksi kuormaryhmää 31 tulee tarkastella lisäkuormitustapauksena, jossa kaikki raiteen T ₁ epäedulliset pituudet ovat kuormitettuja.

Liikennekuormien pitkäaikaisarvona käytetään arvoa nolla.

Raideliikennettä tukevat tilapäiset rakenteet mitoitetaan kuten pysyvät rakenteet. Tilapäiset rakenteet voidaan mitoitaa käyttäen niitä kuormittavaa "todellista junaa" vastaavia kuormia.

B.6.9 Väsyttävät liikennekuormat

Väsymistarkastelu tulee suorittaa kaikille kantaville osille, joissa jännitys vaihtelee.

Väsyminen selvitetään normaalin liikenteen tapauksessa, joka perustuu kuormakaa-vion LM71 ominaisarvoihin, dynaaminen suurennuskerroin Φ_2 mukaan luettuna, käytämällä perusteena sekaliikennetyyppejä "vakioliikenne", "liikenne 250 kN akselein" tai "kevyt sekaliikenne" siitä riippuen, kuormittaako rakennetta sekaliikenne, ensisijaisesti raskas tavaraliikenne vai kevyt henkilöliikenne rakenteelle määritettyjen vaatimusten mukaisesti. EN 1991-2 liitteessä D esitetään tarkastelussa käytettyjä junia ja sekaliikennetyyppejä sekä käytettävää dynaamista lisävaikutusta koskevia tietoja. Vaatimukset voidaan määritellä projektikohtaisesti suunnitteluperusteissa.

EN 1991-2 liite D tullaan korvaamaan erityisellä sekaliikennetyypillä.

Jokainen oletettu sekaliikennetyyppi perustuu sillan jokaisen raiteen vuodessa ylittävään liikenteen määrään 25×10^6 tonnia.

Rakenteille, joiden varassa on usea raide, väsyttävä kuormitus tulee asettaa vaikuttamaan enintään kahdelle raiteelle epäedullisimpiin paikkoihin.

Väsymisen aiheuttama vaurioituminen määritetään rakenteen suunnitellun käyttöiän ajaksi.

Siltojen suunniteltu käyttöikä on 100 vuotta.

Dynaamisen analyysin edellyttämässä kohteissa tulee värähtelyn vaikutus ottaa huomioon väsytystarkastelussa.

Väsymistarkastelussa otetaan huomioon raideliikenteen aiheuttamat pystykuormat dynaamisine vaikutuksineen sekä keskipakokuormat. Yleensä sivusysäyskuormat ja pituussuuntaiset liikennekuormat voidaan väsymistarkastelussa jättää huomiotta.

Joissakin erityistilanteissa, esim. sillan tukiessa pääteasemien raiteita, pituussuuntaisten kuormien vaikutus otetaan erikseen huomioon väsymistarkastelussa.

C Tuulikuormat (EN-1991-1-4)

Kaikki standardissa EN 1991-1-4 sekä sen kansallisessa liitteessä esitetyt siltoja koskevat vaatimukset ovat voimassa ja niitä on noudatettava, vaikka tässä sovellusohjeessa kaikkiin standardissa esitettyihin asioihin ei otetakaan kantaa.

Tässä sovellusohjeessa esitetyt tuulenpaineen arvot on laskettu standardin EN 1991-1-4 mukaisesti olettaen tuulennopeuden modifioimattomalle perusarvolle $v_{b,0}$ arvo 23 m/s.

[Huom.: Tässä sovellusohjeessa on käytetty (eurokoodin eräistä tulkinnoista poiketen) liikennekuorman kanssa samaan aikaan esiintyvälle tuulennopeuden modifioimattomalle perusarvolle ($v_{b,0}^*$) samaa arvoa 23 m/s.]

Esitettyjä tuulenpaineen arvoja voidaan soveltaa pienten ja keskisuurten tavanomaisien siltöjen suunnittelussa, kun silta on tyypiltään standardin EN 1991-1-4 kuvan 8.1 mukainen. Mikäli tuulikuorma on merkittävä sillan suunnittelun kannalta, voidaan sillalle tehdä tarkempi tuulianalyysi. Tämän sovellusohjeen menettelyä voidaan soveltaa myös muihin kuin standardin EN 1991-1-4 kuvan 8.1 siltatyyppeihin hankekohtaisesti niin sovittaessa. Edelleen hankekohtaisesti saatetaan vaatia erillinen dynaaminen analyysi.

Siltaan kohdistuvan poikittaisen tuulenpaineen arvo saadaan taulukosta C1 (sama taulukko on esitetty standardin EN 1991-1-4 kansallisessa liitteessä kohdassa 8.3.2(1)).

Taulukko C.1 Siltaan kohdistuva tuulen paine

Taulukko 8.2(FI). Siltaan kohdistuva tuulen paine [kN/m^2] kun tuulen nopeus on 23 m/s.

Lähtökko 8.2 (17). Suoran korkeusva tullen paine [kN/m ²] kun tullen nopeus on 25 m/s.										
Maasto- luokka	0		I		II		III		IV	
b/d _{tot}	z _e ≤20m	z _e =50m	z _e ≤20m	z _e =50m	z_e≤20m	z_e=50m	z _e ≤20m	z _e =50m	z _e ≤20m	z _e =50m
≤0,5	3,58	4,18	2,54	3,02	2,23	2,75	1,73	2,28	1,30	1,86
≥4 ^a	1,94	2,26	1,37	1,64	1,21	1,49	0,94	1,24	0,71	1,01
≥5 ^b	1,49	1,74	1,06	1,26	0,93	1,15	0,72	0,95	0,54	0,77

^a Koskee siltaa, jossa kaiteet ovat avoimet, ts. kaiteen projektiopinta-alasta yli 50 % on avointa.

^b Koskee siltaa, jossa on yhtä aikaan esiintyvä liikennekuorma tai kaiteet ovat suljetut (kysymyksessä on umpikaide tai kaide, jonka projektiopinta-alasta vähemmän kuin 50 % on avointa).

jossa b = siltakannen leveys

d_{tot} = siltakannen korkeus

z_e = siltakannen painopisteen etäisyys maan pinnasta

Siltakannella olevan tieliikenteen korkeudeksi oletetaan $d^* = 2,0$ metriä ja raideliikenteen korkeudeksi $d^* = 4,0$ metriä jotka lasketaan mukaan mittaan d_{tot} . Kun kaiteen projektiopinta-alasta on alle 50 % avointa lasketaan kaiteen korkeus mukaan mittaan d_{tot} .

Väliarvot voidaan interpoloida taulukoista. Yleensä voidaan käyttää maastoluokan II arvoja, ellei asianomainen viranomais hankekohtaisesti toisin määrää. Suurilla silloilla ja erikoissilloilla voidaan käyttää myös muita arvoja asianomaisen viranomaisen hankekohtaisesti niin määritessä. Tuulikuormat vinoköysi- ja riippusiltöjen sekä kaari- ja vastaavien siltöjen eri rakenneseisiin on määriteltävä hankekohtaisesti.

Sillan pituussuuntaiset tuulikuormat ovat palkki- ja laattasilloilla 25 % poikittaisista tuulikuormista ja ristikkosilloilla 50 % poikittaisista tuulikuormista ellei hankekoh-
taisesti muuten määrätä.

Pystysuuntaiset tuulikuormat voidaan määritellä standardin EN 1991-1-4 kohdan 8.3.3 mukaan

Mikäli tuulikuorma sillan pilareihin on merkittävä sillan suunnittelun kannalta, ote-
taan kuorma huomioon standardin EN 1991-1-4 kappaleen 8.4 ja siihen liittyvän kan-
sallisen liitteen mukaisesti (tuulenpaine saadaan kansallisen liitteen taulukoista
8.4a(FI) ja 8.4b(FI) ellei hankekohtaisesti sovita muuta menettelyä).

Poikittaisen tuulikuorman vaikutusalaa $A_{ref,x}$ laskettaessa käytettävä siltakannen kor-
keus saadaan taulukosta C2 (vrt. standardin En 1991-1-4 kuva 8.5 ja taulukko 8.1).

Taulukko C.2 Siltakannen korkeuden määrittäminen

	toisella puolella	molemmilla puolin
Avoim kaide (>50% avoin):	$d + 0,3$ [m]	$d + 0,6$ [m]
Umpikaide:	$d + d_1$ [m]	$d + 2 \times d_1$ [m]
Liikenteen kanssa:	$d + d^*$ [m]	

d = siltakannen korkeus, d_1 = umpikaiteen korkeus, d^* = liikenteen korkeus

Silloissa, joissa pääkannattimet ovat pinnaltaan yhtenäisiä, huomioidaan tuulen vai-
kutusalaa valmiissa rakenteessa sillan sivuprojektioala ja rakentamisen aikana kah-
den pääkannattimen sivuprojektioala. Ristikkorakenteilla tuulen vaikutusalaa huo-
mioidaan jokaisen peräkkäisen ristikon umpinaisten osien sivuprojektioala.

Tuulikuorman yhdistelykertoimet (Ψ_0 , Ψ_1 ja Ψ_2) esitetään tämän sovellusohjeen tau-
lukoissa G1 (tieliikenteen silloille), G2 (kevyen liikenteen silloille) ja G3 (raideliiken-
teen silloille).

Tuulikuorma yhdistellään muiden kuormien kanssa taulukoiden G4...G8 mukaisesti.

D Lämpötilakuormat (EN-1991-1-5)

Kaikki standardissa EN 1991-1-5 sekä sen kansallisessa liitteessä esitetyt siltoja koskevat vaatimukset ovat voimassa ja niitä on noudatettava, vaikka tässä sovellusohjeessa kaikkiiin standardissa esitettyihin asioihin ei otetakaan kantaa.

D.6.1 Siltojen päällysrakenteet

Siltojen päällysrakenteet ryhmitellään kolmeen ryhmään seuraavasti:

Tyyppi 1: Teräspäällysrakenne

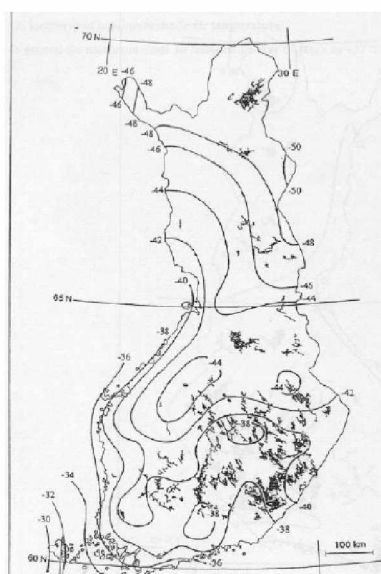
Tyyppi 2: Liittopäällysrakenne

Tyyppi 3: Betonipäällysrakenne

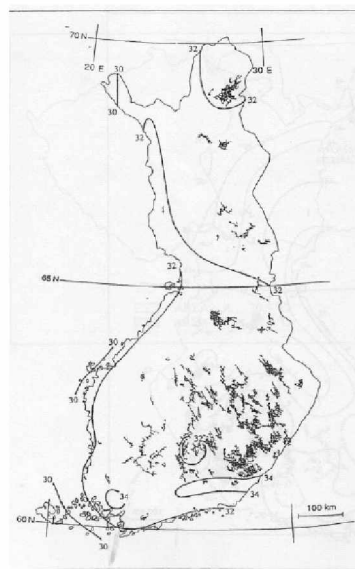
Eri siltatyyppien poikkileikkauksia on esitetty standardin EN 1991-1-5 kuvissa 6.2a...6.2c.

Siltojen maksimilämpötiloina pidetään lämpötiloja, jotka ovat terässilloilla 16 °C, liittopalkkisilloilla 4 °C, ja betonisilloilla 2 °C lämpimämmät kuin varjossa mitatut ilman maksimilämpötilat. Vastaavasti siltojen minimilämpötilat ovat terässilloilla 3 °C alemmat ja liittopalkkisilloilla 4 °C ja betonisilloilla 8 °C ylemmät kuin ilman minimilämpötilat. Vastaava asia on esitetty standardin EN 1991-1-5 kuvassa 6.1.

Lämpötilan ääriarvot Suomessa on esitetty kuvassa D1. (samat kuvat ovat standardin EN 1991-1-5 kansallisessa liitteessä, 6.1a(FI) ja 6.1b(FI)).



Kuva 6.1a(FI). Minimivarjolämpötilojen isotermit



Kuva 6.1b(FI). Maksimilämpövarjotilojen isotermit

Kuva D.1 Lämpötilan ääriarvot Suomessa

Sillan alkulämpötilaksi T_0 voidaan olettaa standardin EN 1991-1-5 liitteen A suositusarvo (10°C) kun alkulämpötila ei ole ennakoitavissa, muuten valitaan arvioitu alkulämpötila.

Mikäli betonin todellinen sitoutumislämpötila aiheuttaa rakenteeseen merkittäviä siirtymiä ja/tai jännityksiä (verrattuna alkulämpötilaan T_0), tulee vaikutukset ottaa huomioon yleisesti hyväksytyillä menetelmillä.

Kun määritetään laakerien ja liikuntasaumalaitteiden liikevaroja, oletetaan liikevaroihin ylimääräistä varmuutta $\pm 20^\circ\text{C}$ lämpötilanmuutosta vastaava siirtymä, kun laakerien ja liikuntasaumalaitteiden asennuslämpötilaa ei ole määritelty ja $\pm 10^\circ\text{C}$ lämpötilanmuutosta vastaava siirtymä kun laakerien ja liikuntasaumalaitteiden asennuslämpötila on määritelty.

Yleensä lämpötilaero täytyy ottaa huomioon vain pystysuunnassa. Standardissa EN 1991-1-5 esitetään pystysuuntaiselle lämpötilaerolle kaksi eri menetelmää; lineaarinen lämpötilaero sekä epälineaarinen lämpötilaero.

Yleensä voidaan käyttää lineaarista lämpötilaeroa. Standardin kuvien 6.2a...6.2c mukaisissa teräskantisissa terässilloissa, teräksisissä liittopalkkisilloissa ja vastaavan poikkileikkauksen betonisilloissa (kotelo), lineaarisen lämpötilaeron lisäksi rakenne on tarkistettava hyppäykselliselle lämpötilaerolle eri rakenneosien välillä (mitoitusarvot on esitetty jäljempänä tässä kappaleessa), ellei tarkastelua tehdä em. kuvien mukaan epälineaarisesti. Mikäli lasketaan epälineaarisen menetelmän mukaisesti, käytetään standardin EN 1991-1-5 suositusarvoja.

Lineaarinen pystysuuntainen lämpötilaero voidaan määrittää taulukosta D1 (vrt. standardin EN 1991-1-5 taulukko 6.1).

Taulukko D.1 Lineaariset pystysuuntaiset lämpötilaerot

Päällysrakennetyyppi:	Yläpinta lämpimämpi $\Delta T_{M,heat} (^\circ\text{C})$	Alapinta lämpimämpi $\Delta T_{M,cool} (^\circ\text{C})$
Tyyppi 1: Teräspäällysrakenne	18	13
Tyyppi 2: Liittopäällysrakenne	15	18
Tyyppi 3: Betonipäällysrakenne		
betonikotelo	10	5
betonipalkki	15	8
betonilaatta	15	8

Taulukossa D1 esitetyt arvot perustuvat 50 mm päällystepaksuuteen. Taulukossa D2 on esitetty lämpötilaeron korjauskerroin k_{sur} eri päällystepaksuuksille. Väliarvot voidaan interpoloida. (vrt. standardin EN 1991-1-5 taulukko 6.2).

Taulukko D.2 Lämpötilaeron korjauskerroin

Tiesillat, kevyen liikenteen sillat ja rautatiesillat: korjauskerroin k_{sur}						
Päällysteen paksuus [mm]:	Tyypäi 1		Tyypäi 2		Tyypäi 3	
	$\Delta T_{M,heat}$ (°C)	$\Delta T_{M,cool}$ (°C)	$\Delta T_{M,heat}$ (°C)	$\Delta T_{M,cool}$ (°C)	$\Delta T_{M,heat}$ (°C)	$\Delta T_{M,cool}$ (°C)
päällystämätön:	0,7	0,9	0,9	1,0	0,8	1,1
vesieristetty:	1,6	0,6	1,1	0,9	1,5	1,0
50	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
100	0,7	1,2	1,0	1,0	0,7	1,0
150	0,7	1,2	1,0	1,0	0,5	1,0
750 (tukikerros)	0,6	1,4	0,8	1,2	0,6	1,0

Betonikotelokannattimien seinämissä oletetaan lineaarinen lämpötilaero $\pm 15^\circ\text{C}$.

Kuten päällysrakenteissa, myös välitukipilareissa käytetään yleensä lineaarista lämpötilaeroa. Vastakkaisten ulkopintojen välinen lämpötilaero on 5°C ja seinämien sisä- ja ulkopintojen välinen lämpötilaero on 15°C .

Eri rakenneosien välille syntyvän lämpötilaeron vaikutukset otetaan huomioon seuraavasti:

- $\pm 15^\circ\text{C}$ vetotangon ja kaaren välillä
- $\pm 10^\circ\text{C}$ vaaleiden riippu-/vinoköysien ja muun rakenteen välillä
- $\pm 20^\circ\text{C}$ tummien riippu-/vinoköysien ja muun rakenteen välillä
- $+20 / -5^\circ\text{C}$ terässilloilla kannen ja palkkien/kotelon välillä
- $\pm 10^\circ\text{C}$ liittopalkkisilloilla kannen ja palkkien välillä
- $\pm 5^\circ\text{C}$ betonisilloilla kannen ja palkkien/kotelon välillä

Eri rakenneosien välille syntyvän lämpötilaeron vaikutukset lisätään lämpötilan muutoksesta aiheutuviin vaikutuksiin (kuitenkin siten, että yksittäisen rakenneosan kuvan D1 avulla määritettyä maksimi-/minimilämpötilaa ei ylitetä)

Lämpötilan muutos ja epälineaarinen lämpötilaero yhdistetään lopullista mitoitusvarten standardin EN 1991-1-5 kaavojen 6.3 ja 6.4 mukaisesti. Tätä laskettua lämpötilakuormien vaikutusta (T_k) käytetään tämän sovellusohjeen taulukoissa G4...G8 ja liitteessä 1 esitettyissä kuormitusyhdistelyissä.

$$\Delta T_{M,heat} \text{ (tai } \Delta T_{M,cool}) + 0,35 \times \Delta T_{M,exp} \text{ (tai } \Delta T_{M,con}) \quad (\text{D.1})$$

$$0,75 \times \Delta T_{M,heat} \text{ (tai } \Delta T_{M,cool}) + \Delta T_{M,exp} \text{ (tai } \Delta T_{M,con}) \quad (\text{D.2})$$

E Työnaikaiset kuormat (EN-1991-1-6)

Kaikki standardissa EN 1991-1-6 sekä sen kansallisessa liitteessä esitetyt siltoja koskevat vaatimukset ovat voimassa ja niitä on noudatettava, vaikka tässä sovellusohjeessa kaikkiin standardissa esitettyihin asioihin ei otetakaan kantaa.

Ellei standardissa EN 1991-1-6 tai sen siltoja koskevassa kansallisessa liitteessä ole toisin määrätty, sovelletaan seuraavien kansallisia sovellusohjeita:

- RIL 147-2006 Tukelineet ja muutit
- RIL 181-1989 Rakennuskaivanto-ohjeet
- Työnaikaisten ratakaivantojen tukeminen (Ratahallintokeskuksen julkaisu A10/2001)

F Onnettomuuskuormat (EN-1991-1-7)

Kaikki standardissa EN 1991-1-7 sekä sen kansallisessa liitteessä esitetyt siltoja koskevat vaatimukset ovat voimassa ja niitä on noudatettava, vaikka tässä sovellusohjeessa kaikkiin standardissa esitettyihin asioihin ei otetakaan kantaa.

F.3 Mitoitustilanteet

Standardissa EN 1990 rakenteet on jaettu kolmeen seuraamusluokkaan CC1, CC2 ja CC3 (CC = Consequence Class) alla olevan taulukon mukaisesti.

Taulukko F.1 Seuraamusluokat

Seuraamusluokka	Kuvaus
CC3	Suuret seuraamukset
CC2	Keskisuuret seuraamukset
CC1	Pienet seuraamukset

(vrt. täydellinen taulukko B1 standardissa EN 1990)

Seuraamusluokkiin CC1, CC2 ja CC3 on edelleen liitetty (ks. kappale B3.2 standardissa EN 1990) kolme luotettavuusluokkaa RC1, RC2 ja RC3 (RC = Reliability Class). Kullekkin luotettavuusluokalle on standardissa suositeltu tietty vähimmäisluotettavuus (käyttäen luotettavuusindeksiä β).

Taulukko F.2 Luotettavuusluokat

Luotettavuusluokka	Indeksin β vähimmäisarvot 50 vuoden tarkastelujakso
RC1	4,3
RC2	3,8
RC3	3,3

(vrt. täydellinen taulukko B2 standardissa EN 1990)

Eräs yksinkertainen keino, jolla luotettavuuden tasoluokitus voidaan käytännössä tehdä, on käyttää kuormalle erilaista osavarmuuslukua γ_F . Esimerkiksi mitoituksen valvonnan ja toteuttamisen tarkastustasojen säilyessä samoina kansallisessa liitteessä annetut osavarmuusluvut voidaan kertoa alla olevan taulukon mukaisella kertoimella K_{FI} .

Taulukko F.3

	Luotettavuusluokka		
	RC1	RC2	RC3
Kuormakerroin K_{FI}	0,9	1,0	1,1

Lähtökohtaisesti sillat sijoitetaan seuraamusluokkaan CC2. Tästä johtuen silloilla ei ole otettu Suomessa lainkaan käyttöön kuormakerrointa K_{FI} (joka on 1,0 seuraamusluokassa CC2).

Tilapäiset sillat ja sillat, joissa vaurioseuraamukset ovat lievät, voidaan asianomaisen viranomaisen päätöksellä sijoittaa hankekohtaisesti seuraamusluokkaan CC1.

Tällöin yhtenä mahdollisuutena seuraamusluokan CC1 rakenteissa on kuormakertoimen $K_{FI} = 0,9$ käyttö murtorajatilän kuormitusyhdistelyissä ja/tai yksittäisten rakenteiden kantokyvyn menettämisen salliminen (ks. standardin EN 1991-1-7 siltoja koskeva kansallinen liite, kohta 3.3 (2))

Mikäli mahdollisella onnettomuudella on oletettavissa suuret vaurion seuraukset eli ollaan seuraamusluokassa CC3, tehdään erillinen riskianalyysi ja mahdollisista toimenpiteistä päätetään hankekohtaisesti. Riskinarvioinnissa voidaan soveltaa standardin EN 1991-1-7 opastavaa liitettä B.

Yhtenä mahdollisuutena seuraamusluokan CC3 rakenteissa on kuormakertoimen $K_{FI} = 1,1$ käyttö ja/tai rakenteelliset toimenpiteet mahdollisen onnettomuuden todennäköisyyden tai onnettomuudesta seuraavien vaurioiden pienentämiseksi. Standardin EN 1991-1-7 kappaleen 3.3 esittämät toimintaperiaatteet, joiden mukaan rajoitetaan paikallisen vaurion laajuutta, määritellään hankekohtaisesti seuraamusluokan CC3 rakenteille.

Tämän sovellusohjeen esittämät onnettomuusmitoitustilanteet soveltuvat sellaiseenaan seuraamusluokkien CC1 ja CC2 rakenteiden mitoitukseen. Seuraamusluokan CC3 rakenteille onnettomuuskuormat määritellään riskianalyysin perusteella.

F.4 Törmäyskuormat

Silloissa otetaan yleensä huomioon ainoastaan kantaviin rakenteisiin kohdistuvat törmäykset. Muihin rakenteisiin kohdistuvat törmäykset otetaan huomioon ainoastaan, jos niistä on vaaraa sillan kantavuudelle tai sillan käyttäjille.

Kevytrakenteisien siltarakenteiden, kuten jännitettyjen elementtisiltöjen, puusiltöjen ja terässiltöjen ml. teräksisten putkisiltöjen, päällysrakenne on sijoitettava vähintään 1 m alitse kulkevalle ajoneuvoliikenteen tielle määritellyn vapaan korkeuden yläpuolelle ajoneuvon törmäysvaaran välttämiseksi.

Ellei rakenteen haurasmurtuminen aseta rajoituksia rakenteen käyttäytymiselle, törmäystilanteessa rakenteen ja maan rajapinnan yhteistoimintaa voidaan pitää plastisena ja kestävyuden ylärajana maan murtumista tai passiivipainetta.

Sillan reunan tulee kestää kaikissa tilanteissa onnettomuuskuorma, joka koostuu reunapalkin ulkoreunaan sijoitetusta pyöräkuormasta (LM2) ja samanaikaisesti kaiteeseen vaikuttavasta törmäyskuormasta samassa kohdassa.

Tieh H2 sillankaiteen onnettomuusrajatilän törmäyskuorma kaidepylvästä kohden reunapalkin yläpinnan korkeudella on 64 kN sillan poikkisuuntaisena vaakakuormana ja 8,5 kNm samanaikaisesti vaikuttavana pylvästä sillan poikkisuuntaan taivuttavana momenttina. Tiehallinnon betonisillankaiteen onnettomuuskuormat on määritetty kaiteiden tyyppiin perustuksissa. Betonikaiteen kohtisuoran törmäyskuorman korkeus ajoradan pinnasta on $\leq 0,8$ m.

F.4.3.1 Törmäys tukena toimiviin alusrakenteisiin

Törmäyskuormat alusrakenteisiin saadaan taulukosta F4, ellei asianomainen viranomainen hankekohtaisesti toisin määrää. (sama taulukko on standardin EN 1991-1-7 siltoja koskevassa kansallisessa liitteessä, 4.1(FI)).

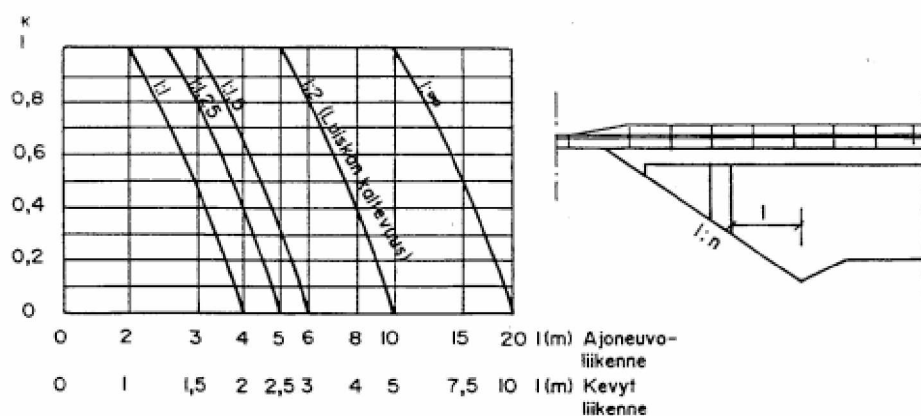
Taulukko F.4 Alittavan tieliikenteen törmäyskuormat siltojen alusrakenteisiin

Taulukko 4.1(FI) –Ajoväylän yläpuolella tai vieressä olevia rakenteita tukeviin rakennuksiin ajoneuvon törmäyksestä aiheutuvat ohjeelliset ekvivalentit staattiset mitoituskuormat.

Liikenteen luokka	Kuorma F_{dx}^a [kN]	Kuorma F_{dy}^a [kN]
Moottoritiet sekä muut ajoneuvoille tarkoitetut tiet ja kadut, joilla suurin sallittu ajonopeus on $v \geq 80$ km/h	1000	500
Ajoneuvoille tarkoitetut tiet ja kadut, joilla suurin sallittu ajonopeus on $50 \text{ km/h} \leq v < 80 \text{ km/h}$	750	375
Ajoneuvoille tarkoitetut tiet ja kadut, joilla suurin sallittu ajonopeus on $v < 50 \text{ km/h}$	500	250
Kevyen liikenteen tiet, pihat ja autohallit, joiden kunnossapito hoidetaan koneellisesti tai joissa kuorma-autojen ^b kulku ei ole rakentein estetty	150	75
Kevyen liikenteen tiet, pihat ja autohallit, joiden kunnossapito hoidetaan manuaalisesti tai enintään 3,5 tonnin kalustolla ja joissa kuorma-autojen ^b kulku on rakentein estetty ^c	50	25

^a x = normaali liikenteen suunta, y = normaalin liikenteen suuntaa vastaan kohtisuoraan.
^b Termi "kuorma-auto" tarkoittaa ajoneuvoja, joiden suurin bruttopaino on yli 3,5 tonnia.
^c Rakente-esteellä tarkoitetaan sitä, että kulkuväylä on kaiteilla tai sitä järeämmillä rakenteilla rajattu siten, että leveys on $\leq 2,4$ m tai kulkuväylän korkeus yläpuolisilla kantavilla rakenteilla rajattu siten, että korkeus on $\leq 2,2$ m.

Taulukossa F4 esitetyt kuormat F_{dx} ja F_{dy} eivät vaikuta törmäystilanteessa samanaikaisesti. Sillan alusrakenteen etäisyys ajoradan reunasta tai ylöspäin viettävä luiska otetaan huomioon pienentämällä taulukon F4 törmäyskuormia kertoimella k, jonka suuruus saadaan kuvasta F1.



Kuva F.1 Kertoimen k määrittäminen

Mikäli luiskan ja päällysrakenteen alapinnan välinen tila törmäyskohdassa on $< 1,2$ m, törmäyskuormaa ko. alusrakenteeseen ei tarvitse ottaa huomioon.

Törmäyskuormasta otetaan huomioon vain puolet kun rakennetta suojaa > 1000 mm korkea asianomaisen viranomaisen hyväksymä H2 luokan kaide ja rakenteen ja kaiteen välissä on vähintään 1,2 m leveä tyhjä tila.

Törmäyskuormaa ei tarvitse ottaa lainkaan huomioon, mikäli rakenteen ja kaiteen välissä on vähintään 5 m leveä tyhjä tila.

Väliarvot voidaan interpoloida yllä esitetyistä arvoista. Jos tiekaiteen korkeus on välillä 650...1000 mm, kerrotaan yllä olevat etäisyydet kahdella.

Mikäli rakenne sijaitsee alaspäin viettävässä luiskassa, eikä rakennetta ole suojattu asianomaisen viranomaisen hyväksymällä kaiteella, törmäyskuorma vaikuttaa täysmääräisenä taulukon 4.1(FI) mukaan 20 m etäisyydelle tien reunasta. Mikäli rakenne on suojattu kaiteella, yllä annetut kaiteen ja rakenteen välisten tyhjien tilojen leveydet kerrotaan kahdella.

Törmäyskuorma jaetaan korkeussuunnassa alueelle 0,5-1,0 m ajoradan/luiskan pinnasta mitattuna ja leveydelle 1,50 m tai rakenneosan leveydelle sen mukaan, kumpi on pienempi.

F.4.3.2 Päälysrakenteisiin kohdistuva törmäys

Törmäyskuormat päälysrakenteisiin saadaan taulukosta F5, ellei asianomainen viranomainen hankekohtaisesti toisin määrää. (sama taulukko on standardin EN 1991-1-7 siltoja koskevassa kansallisessa liitteessä, 4.2(FI)).

Taulukko F.5 Alittavan tieliikenteen törmäyskuorma siltojen päälysrakenteisiin

Taulukko 4.2(FI) – Päälysrakenteeseen kohdistuvan törmäyksen aiheuttamat ekvivalentit staattiset mitoituskuormat

Liikenteen luokka	Ekvivalentti staattinen mitoituskuorma F_{dk} ^a [kN]	Törmäyskuorman kohteena olevan rakenteen alarajakorkeus h_o [m]
Moottoritiet sekä muut ajoneuvoille tarkoitetut tiet ja kadut, missä suurin sallittu ajonopeus on $v \geq 80$ km/h	500	5,2
Ajoneuvoille tarkoitetut tiet ja kadut, missä suurin sallittu ajonopeus on $50 \text{ km/h} \leq v < 80$ km/h	375	5,2
Ajoneuvoille tarkoitetut tiet ja kadut, missä suurin sallittu ajonopeus on $v < 50$ km/h	250	5,2
Kevyen liikenteet, pihat ja autohallit, joiden kunnossapito hoidetaan koneellisesti tai joissa kuorma-autojen ^b kulku ei ole rakentein estetty	75	4,6
Kevyen liikenteet, pihat ja autohallit, joiden kunnossapito hoidetaan manuaalisesti tai enintään 3,5 tonnin kalustolla ja joissa kuorma-autojen ^b kulku on rakentein estetty ^c	25	3,5
^a x = normaali liikenteen suunta. ^b Termi "kuorma-auto" tarkoittaa ajoneuvoja, joiden suurin bruttopaino on yli 3,5 tonnia. ^c Rakenteellisella esteellä tarkoitetaan sitä, että kulkuväylän leveys on $< 2,4$ m tai kulkuväylän korkeus $< 2,2$ m.		

Taulukossa F5 päällysrakenteeseen kohdistuvan törmäyskuorman suuruus on täysimääräinen kun törmäyskohteena olevan rakenteen korkeus tien pinnasta on yhtä suuri tai pienempi kuin taulukossa F5 annettu alarajakorkeus h_0 . Törmäyskuormaa ei tarvitse ottaa huomioon kun korkeus ylittää alarajakorkeuden $h_1 = h_0 + 1$ m. Väliarvot voidaan interpoloida.

Tarvittaessa otetaan huomioon myös liikenteen suuntaa vastaan kohtisuora kuorma F_{dy} (taulukon F5 arvot voidaan puolittaa). Kuormat F_{dx} ja F_{dy} eivät vaikuta törmäystilanteessa samanaikaisesti.

Sillan päällysrakenteen alapintaan kohdistuvissa törmäyksissä tulee ottaa huomioon myös taulukon F.5 mitoituskuorma F_{dx} käännettynä 10° ylöspäin (ks. EN 1991-1-7 4.3.2 (1) huom. 4).

Törmäyskuorman vaikutusalue on neliö, jonka sivunpituus on 0,25 m.

Betonisilloissa on käytettävä kolhaisusuojaa tieliikenteen ajoradan kohdalla kun alikulkukorkeus on $< 5,0$ m. Kevytrakenteisen sillan kantavien rakenteiden (esim. ristikko- tai liittopalkkisilta) jossa ei ole varauduttu mahdolliseen törmäykseen erityistimenpitein) kohdalla alikulkukorkeuden tulee olla $\geq 5,6$ m.

F.4.5 Suistuneen junan aiheuttamat onnettomuuskuormat

Sillat kuuluvat yleensä standardin EN 1991-1-7 luokkaan B: Massiivinen rakenne, joka ylittää käytössä olevan rautatien ja jossa ei oleskella pysyvästi.

Junien törmäyskuormat alusrakenteisiin saadaan taulukosta F6, ellei projektikohtaisesti tosin määrätä.

Taulukko F.6 Alittavan rataliikenteen törmäyskuorma siltojen alusrakenteisiin

Vaakasuora etäisyys rakenteen pinnasta lähimmän raiteen keskilinjaan [m]		Raiteen suuntainen voima [kN]		Raidetta vastaan kohtisuora voima [kN]	
vaihteeton alue	vaihtealue	≤ 120 km/h	200 km/h	≤ 120 km/h	200 km/h
$d < 3,1$ m	$d < 5$ m	8000	10000	3000	3750
$d = 3,1 - 5$ m	$d = 5 - 7$ m	4000	6000	1500	2250
$d = 5 - 7$ m	$d = 7 - 10$ m	2000	4000	750	1500
$d = 7 - 10$ m		0	1000	0	375

- Voimat voidaan interpoloida, kun $120 < V < 200$ [km/h].
- Kuormia voidaan vähentää 50 %, jos kaluston nopeus on alle 50 km/h.
- Kuormia voidaan vähentää 50 %, jos tukirakenteet on suojattu vähintään 0,55 m korkeilla massiivisilla laiturirakenteilla, tai jos yksittäiset tukirakenteet on yhdistetty korkeilla massiivisilla jalustoilla.
- Yksittäiseen rakenneosaan kohdistuvia kuormia voidaan vähentää 50 %, jos rakenneosa ei sijaitse rakenneosarivin ulommaisena rakenneosana.
- Kuormia voidaan vähentää 25 %, jos tukirakenteet on suojattu suojakiskoin. Suojakiskojen pituuden tulee olla $\geq V^2/80$ [m], mutta vähintään 30 m. (V = junan nopeus [km/h].) Suojakiskojen käytölle tulee olla Liikenneviraston lupa ja niiden tarve esitetään projektikohtaisissa suunnitteluperusteissa.

Edellä mainittuja vähennyksiä voidaan yhdistellä.

Onnettomuuskuormat vaikuttavat 1,8 m:n korkeudella raiteen korkeusviivan tasosta. Törmäyspinnan leveydeksi voidaan olettaa enintään 2 m ja korkeudeksi enintään 1 m.

F.4.8 Laivaliikenteen aiheuttamat onnettomuuskuormat

Väylien luokitus tehdään asianomaisen viraston väylästäön perusluokituksen mukaan.

Merialueiden ja sisävesilaivareittien alusten tyytit määrätään asianomaisilta viranomaisilta saatujen väyläkohtaisten laivatietöjen mukaan, ellei asianomainen viranomainen ole määrännyt alusten ominaisuuksia hankekohtaisesti.

Laivojen törmäysten vakavuusluokat, hyväksyttävä riskitaso sekä väyläluokitus määritellään asianomaisen viranomaisen toimesta hankekohtaisesti. Laivojen törmäysten tilastollinen mallintaminen tehdään tarvittaessa hankekohtaisesti yleisesti tunnustettuja menetelmiä käyttäen.

Standardin EN 1991-1-7 opastavassa liitteessä C esitettyjä alustyyppöjä ei voi sellaisenaan käyttää suunnittelussa, vaan paikalliset olosuhteet on otettava huomioon. Muut standardissa EN 1991-1-7 esitetyt laivan törmäyksiä koskevat vaatimukset ovat voimassa, elleivät paikalliset olosuhteet eroa merkittävästi standardin oletuksista. Asianomainen viranomainen voi antaa lisäohjeistusta laivaliikenteen aiheuttamien onnettomuuskuormien käsittelystä.

G Kuormien yhdistely (EN 1990/A1 Liite A2)

Kaikki standardin EN 1990 muutoksen A1 (EN 1990:2002/A1 – liite A2) sekä sen kansallisessa liitteessä esitetyt vaatimukset ovat voimassa ja niitä on noudatettava, vaikka tässä sovellusohjeessa kaikkiin standardissa esitettyihin asioihin ei otetakaan kantaa.

G.1 Käyttötarkoitus

Standardin EN 1990 liitteessä A2 esitetään tiesiltojen, kevyen liikenteen siltojen ja rautatiesiltojen suunnitteluun käytettäviä, kuormien yhdistelyä koskevia sääntöjä ja menetelmiä käyttörajatila- ja murtorajatilatarkasteluihin (lukuun ottamatta varmuuden osoittamista väsymisen suhteen) sekä pysyvien, muuttuvien ja onnettomuuskuormien ja yhdistelykertoimien Ψ_i suositeltavia mitoitusarvoja.

Tässä sovellusohjeessa esitetään tärkeimmät standardin vaatimukset sekä standardin antamat kuormien yhdistelykertoimet ja -kaavat. Lisäksi tässä sovellusohjeessa (liite 1) esitetään kaikki mahdolliset kuormitusyhdistelyt siten, että kaikki standardin vaatimukset tulevat otetuiksi huomioon.

Eri materiaaleista valmistettujen rakenneosien viitteellinen käyttöikä on esitetty materiaalistandardeja koskevissa sovellusohjeissa.

G.2 Kuormien yhdistely

G.2.1 Yleistä

Kuormia, jotka ei fysikaalisista tai toiminnallisista syistä voi esiintyä samanaikaisesti, ei tarvitse ottaa huomioon samanaikaisesti kuormien yhdistelmissä, joista voimasuureet lasketaan.

Murtoraja- ja käyttörajatilan kuormitusyhdistelyt muodostetaan taulukoiden G4-G8 avulla (vastaavat taulukot standardissa ovat A2.4...A2.6). Yhdistelyssä käytettävät yhdistelykertoimet (Ψ_i) on esitetty taulukoissa G1-G3 (vastaavat taulukot standardissa ovat A2.1...A2.3). Kuormitusyhdistelmiä tehtäessä on otettava huomioon kaikki standardissa esitetyt erityisehdot (näitä erityisehtoja on mm. kappaleissa A2.2.2...A2.2.4)

Liitteessä 1 on esitetty kaikki mahdolliset kuormitusyhdistelmät murto- ja käyttörajatiloissa kun otetaan huomioon edellä esitetyt standardin vaatimukset ja erityisehdot. Liitteen 1 käyttö on suositeltavaa kuormitusyhdistelmiä muodostettaessa.

G.2.2 Yhdistelykertoimien Ψ arvot

Tässä kappaleessa esitetyt taulukot G1...G3 sisältävät yhdistelykertoimet tieliikenteen silloille (G1), kevyen liikenteen silloille (G2) sekä rautatiesilloille (G3). Kyseiset

taulukot vastaavat liitteen A2:n taulukoita A2.1...A2.3 ja niihin on kirjoitettu sisään Suomen kansalliset valinnat sekä kansalliset lisäykset.

Taulukko G.1 Tiesiltojen yhdistelykertoimet

Kuorma			ψ_0 Yhdistelyarvo (combination)	ψ_1 Tavallinen arvo (frequent)	ψ_2 Pitkäaikaisarvo (quasi-permanent)
gr1a	gr1a	Teli (LM1)	0,75	0,75	-
		UDL (LM1) ⁽²⁾	0,4	0,4	- 0,3
		Kevyen liikenteenkuorma (3kN/m ²)	0,4	0,4	-
		gr1b	-	0,75	-
		gr2	-	-	-
gr1b	gr1b	Akselikuorma (LM2)	-	0,75	-
gr2		LM1 + Vaakakuormat	-	-	-
gr3		Keveyen liikenteen väylän kuorma	-	-	-
gr4		Ruuhkakuorma	-	0,75	-
gr5		Erikoiskuorma (LM3)	-	-	-
F _{wk}	tuulikuormat	-F _{wk} , Normaalisti vallitsevat mitoitustilanteet	0,6	0,2	-
T _k	lämpötilakuormat ⁽³⁾	T _k (ks. kappale D)	- 0,6	0,6	0,5
BF	laakerikitka	BF (ks. kappale H.3)	0,6	0,5	0,4
IL	jääkuormat	IL (ks. kappale H.1)	0,7	0,5	0,2
S	tukipainumat/-siirtymät	S (ks. kappale H.2)	pysyvä kuorma		
TLEP	liikennekuorman maanpaine ⁽¹⁾	(ks. EN 1991-2 NA 4.9.1 (1))	0,75	0,75	-

1) Liikennekuorman maanpaine:

-Kun siltakannella ei ole telikuormaa, käytetään gr1a:n telikuorman ψ_0 -arvoa (0,75/0,75/0)

-Kun siltakannella on telikuormaa, käytetään gr1a:n tasaisen kuorman ψ_0 -arvoa (0,4/0,4/0,3)

2) gr1a:n tasaisen kuorman pitkäaikaisarvo (ψ_2) on yleisillä teillä sijaitsevilla silloilla 0,3, ja valtionapua saavilla yksityisteiden silloilla 0.

3) Lämpötilakuorman yhdistelyarvon (ψ_0) valinta: ks. materiaaliakohtaiset sovellusohjeet

Taulukko G.2 Kevyen liikenteen siltöjen yhdistelykertoimet

Kuorma			ψ_0 Yhdistelyarvo (combination)	ψ_1 Tavallinen arvo (frequent)	ψ_2 Pitkäaikaisarvo (quasi-permanent)
gr1	gr1	Tasainen kuorma	0,4	0,4	-
		- Pistekuorma	-	-	-
gr2	gr2	Huoltoajoneuvo	-	-	-
F _{wk}	tuulikuormat	-F _{wk} , Normaalisti vallitsevat mitoitustilanteet	0,3	0,2	-
T _k	lämpötilakuormat ⁽¹⁾	T _k (ks. kappale D)	- 0,6	0,6	0,5
BF	laakerikitka	BF (ks. kappale H.3)	0,6	0,5	0,4
IL	jääkuormat	IL (ks. kappale H.1)	0,7	0,5	0,2
S	tukipainumat/-siirtymät	S (ks. kappale H.2)	pysyvä kuorma		
TLEP	liikennekuorman maanpaine	(ks. EN 1991-2 NA 4.9.1 (1))	0,4	0,4	-

1) Lämpötilakuorman yhdistelyarvon (ψ_0) valinta: ks. materiaaliakohtaiset sovellusohjeet

Taulukko G.3 Rautatiesiltojen yhdistelykertoimet

Kuorma			ψ_0 Yhdistelyarvo (combination)	ψ_1 Tavallinen arvo (frequent)	ψ_2 Pitkäaikaisarvo (quasi-permanent)
Liikennekuormien yksittäiset komponentit ⁽²⁾	LM71		0,8	⁽¹⁾	0
	SW/0		0,8	⁽¹⁾	0
	SW/2		0	1,0	0
	ULT Kuormittamaton juna		1,0	-	-
	HSLM		1,0	1,0	0
	T&B Veto- ja jarrukuormat		Liikennekuorman yksittäisille komponenteille käytetään mitoitustilanteissa, joissa liikennekuormia pidetään yksittäisenä (usean komponentin sisältävänä) määräävänä kuormana eikä kuormaryhminä, samoja yhdistelykertoimen ψ arvoja kuin asianomaisille pystykuormille		
	CF Keskipakokuormat				
	Pystysuuntaisten liikennekuormien aiheuttamien muodonmuutosten synnyttämät kuormat				
	NF Sivusysäyskuormat				
	ML Yleiseltä käytöltä suljetun kulkukäytävien		0,8	0,5	0
	Todelliset junat		1,0	1,0	0
	TLEP Liikennekuormasta johtuva vaakasuuntaisen maanpaineen lisäys		0,8	⁽¹⁾	0
	AE Aerodynaamiset vaikutukset		0,8	0,5	0
tuulikuormat	-F _{wk} , Normaalisti vallitsevat mitoitustilanteet		0,75	0,5	0
lämpötilakuormat ⁽³⁾	T _k (ks. kappale D)		0,6	0,6	0,5
laakerikitka	BF (ks. kappale H.3)		0,6	0,5	0,4
jääkuormat	IL (ks. kappale H.1)		0,7	0,5	0,2
tukipainumat/-siirtymät	S (ks. kappale H.2)		pysyvä kuorma		

1) Kerroin riippuu kuormitettujen raiteiden määrästä i seuraavasti: 0,8 kun i=1, 0,7 kun i=2 ja 0,6 kun i≥3

2) Pienin samanaikaisesti raide liikennekuormien yksittäisten komponenttien (esim. keski-, veto- tai jarrukuormakomponenttien) kanssa esiintyvä edullinen pystykuorma on 0,5 LM71 jne.

G.3 Murtorajatila

G.3.1 Normaalisti vallitsevat mitoituslaitteet

Normaalisti vallitsevissa mitoituslaitteissa murtorajatilan kuormien mitoitusarvot saadaan tässä kappaleessa esitetyistä taulukoista G4...G6. Kyseiset taulukot vastaavat liitteen A2:n taulukoita A2.4(A)...A2.4(C) ja niihin on kirjoitettu sisään Suomen kansalliset valinnat sekä kansalliset lisäykset.

Siltöjen staattinen tasapaino tarkastetaan taulukon G4 avulla (standardin taulukko A2.4(A) – Set A – EQU).

Rakenneosien kestävyys tarkastetaan taulukon G5 avulla (standardin taulukko A2.4(B) – Set B – STR/GEO). Myös anturoiden ja paalujen suunnittelu tehdään taulukon G5 avulla (menettelytapa 2 standardin kohdan A2.3.1 (5) mukaan, ks. siltöjen geotekniikkaa käsittelevä sovellusohje).

Taulukkoa G6 ei käytetä siltöjen suunnittelussa luiskien vakavuustarkasteluja lukuun ottamatta.

Taulukko G.4 SET A – EQU staattinen tasapaino

Taulukko A2.4(A) (FI) – Kuormien mitoitusarvot (EQU eli staattinen tasapaino)						(Sarja A)
	Pysyvät kuormat		Esiijännitys		Määräävä muuttuva kuorma	Muut samanaikaiset muuttuvat kuormat
Yhtälö 6.10	1,1 / 0,9	G	1,1 / 0,9	P	1,35 · (tieliikennekuorma) 1,35 · (kevyen liikenteen kuorma) 1,45 · (raideliikennekuorma)	1,50 · $\psi_{0,i}$ · (muut muuttuvat kuormat)
	tai					
	1,1 / 0,9	G	1,1 / 0,9	P	1,50 · (muu määräävä muuttuva kuorma)	<div><div>1,35 · $\psi_{0,i}$ · (tieliikennekuorma) 1,35 · $\psi_{0,i}$ · (kevyen liikenteen kuorma) 1,45 · $\psi_{0,i}$ · (raideliikennekuorma)</div><div>}</div><div>+ 1,50 · $\psi_{0,i}$ · (muut muuttuvat kuormat)</div></div>

- Taulukossa käytetään standardin suositusarvoja
- Tukipainuma ja vedenpinnan asema NW-tasossa rinnastetaan pysyvään kuormaan
- Esiijännityksen osavarmuusluku 1,30, kun tarkistetaan ulkoisen jännevoiman yhteydessä esiintyvää stabiilisuusrajaa ja jännevoiman arvon kasvu voi olla epäedullinen (ks. EN 1992-1-1 kohta 2.4.2.2 (2))
- Erikoistapaukset (vastapainon käyttö, laakereiden nousu tms.) ks. standardin suositukset
- Siirtymillä aikaansaadun esiijännityksen (tukien nosto/lasku) osavarmuusluku 1,0 mikäli mitataan siirtymät ja tukireaktiot, 1,1/0,9 mikäli mitataan vain siirtymät.
- Yhdistelykertoimet (ψ_i) ks. taulukot G1...G3.
- Mitoituskaava:

$$E_d = K_{FI} \cdot 1,1 \cdot G_{kj,sup} + 0,9 \cdot G_{kj,inf} + K_{FI} \cdot \gamma_P \cdot P + K_{FI} \cdot \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum (K_{FI} \cdot \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i})$$

Taulukko G.5 SET B – STR/GEO rakenneosien kestävyys ja geotekninen kantavuus

Taulukko A2.4(B) (FI) – Kuormien mitoitusarvot (STR/GEO eli rakenneosien kestävyys ja geotekninen kantavuus) (Sarja B)

	Pysyvät kuormat		Esijännitys		Määrittävä muuttuva kuorma	Muut samanaikaiset muuttuvat kuormat
6.10a	1,35 / 0,90	G	1,10 / 0,90	P		
tai						
6.10b	1,15 / 0,90	G	1,10 / 0,90	P	1,35 · (tieliikennekuorma) 1,35 · (kevyen liikenteen kuorma) 1,45/1,20 · (raideliikennekuorma)	1,50 · $\Psi_{0,i}$ · (muut muuttuvat kuormat)
	tai					
	1,15 / 0,90	G	1,10 / 0,90	P	1,50 · (muu määrävä muuttuva kuorma)	$1,35 \cdot \Psi_{0,i} \cdot$ (tieliikennekuorma) $1,35 \cdot \Psi_{0,i} \cdot$ (kevyen liikenteen kuorma) $1,45/1,20 \cdot \Psi_{0,i} \cdot$ (raideliikennekuorma) $+ 1,50 \cdot \Psi_{0,i} \cdot$ (muut muuttuvat kuormat)

- Suomessa käytetään lausekkeita 6.10a ja 6.10b
- Lauseke 6.10a sisältää vain pysyvät kuormat
- Tukipainuma ja vedenpinnan asema NW-tasossa rinnastetaan pysyvään kuormaan
- Liikennekuorman maanpaineen osavarmuusluku on 1,50 / 0
- Tukipainuman osavarmuusluku lineaarisessa analyysissä 1,20 / 0 ja epälineaarisessa analyysissä 1,35 / 0
- Esijännityksen osavarmuusluku 1,20 kun tarkistetaan jännitysvoiman paikallisia vaikutuksia (esim. ankkurointialue), ks. EN 1992-1-1 kohta 2.4.2.2(3).
- Yhdistelykertoimet (Ψ_i) ks. taulukot G1...G3.
- Mitoituskaava a: $E_d = K_{FI} \cdot 1,35 \cdot G_{k,j,\text{sup}} + 0,90 \cdot G_{k,j,\text{inf}} + K_{FI} \cdot \gamma_P \cdot P$
- Mitoituskaava b:

$$E_d = K_{FI} \cdot 1,15 \cdot G_{k,j,\text{sup}} + 0,90 \cdot G_{k,j,\text{inf}} + K_{FI} \cdot \gamma_P \cdot P + K_{FI} \cdot \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum (K_{FI} \cdot \gamma_{Q,i} \cdot \Psi_{0,i} \cdot Q_{k,i})$$

Taulukko G.6 SET C – STR/GEO

Taulukko A2.4(C) (FI) – Kuormien mitoitusarvot (STR/GEO) (Sarja C)

	Pysyvät kuormat		Esijännitys		Määrittävä muuttuva kuorma	Muut samanaikaiset muuttuvat kuormat
6.10	1,00	G	1,00	P	1,15 · (tieliikennekuorma) 1,15 · (kevyen liikenteen kuorma) 1,25 · (raideliikennekuorma)	1,30 · $\Psi_{0,i}$ · (muut muuttuvat kuormat)
	tai					
	1,00	G	1,00	P	1,30 · (muut muuttuvat kuormat)	$1,15 \cdot \Psi_{0,i} \cdot$ (tieliikennekuorma) $1,15 \cdot \Psi_{0,i} \cdot$ (kevyen liikenteen kuorma) $1,25 \cdot \Psi_{0,i} \cdot$ (raideliikennekuorma) $+ 1,30 \cdot \Psi_{0,i} \cdot$ (muut muuttuvat kuormat)

- Taulukossa käytetään standardin suositusarvoja

- Tukipainuma ja vedenpinnan asema NW-tasossa rinnastetaan pysyvään kuormaan
- Liikennekuorman osavarmuusluku on 1,30 / 0
- Yhdistelykertoimet (Ψ_i) ks. taulukot G1...G3.
- Mitoituskaava:

$$E_d = K_{FI} \cdot 1,0 \cdot G_{kj, \text{sup}} + 1,0 \cdot G_{kj, \text{inf}} + \gamma_P \cdot P + K_{FI} \cdot \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum (K_{FI} \cdot \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i})$$

G.3.2 Onnettomuus- ja maanjäristysmitoitustilanteet

Onnettomuus- ja maanjäristysmitoitustilanteissa murtorajatilan kuormien mitoitusarvot saadaan tässä kappaleessa esitetystä taulukosta G7. Kyseinen taulukko vastaa liitteen A2:n taulukkoa A2.5 ja siihen on kirjoitettu sisään Suomen kansalliset valinnat.

Taulukko G.7 Onnettomuusmitoitussyhdistely

Mitoitustilanne		Pysyvät kuormat		Esi-jännitys		Onnettomuus- tai maanjäristyskuorma	Muut samanaikaiset muuttuvat kuormat
Onnettomuus-kuorma	6.11 a/b	1,00	G	1,00	P	A_d (onnettomuuskuorma)	$\Psi_{1,i} \cdot (\text{liikennekuorma}), \Psi_{2,i} \cdot (\text{muut muuttuvat kuormat})$
Maanjäristys-kuorma	6.12 a/b	1,00	G	1,00	P	A_{Ed} (Maanjäristyskuorma)	$\Psi_{2,i} \cdot (\text{muut muuttuvat kuormat})$

- Taulukossa käytetään standardin suositusarvoja
- Onnettomuusmitoitussyhdistelmissä määräävälle muuttuvalle kuormalle annetaan sen tavallinen arvo (Ψ_1) mikäli kyseessä on liikennekuorma, muuten pitkäaikaisarvo (Ψ_2). Muille muuttuville kuormille annetaan pitkäaikaisarvo (Ψ_2).
- Kansallinen viranomais voi määrätä erikseen mahdolliset maanjäristystilanteet.
- Onnettomuuskuorman mitoituskaava:

$$E_d = 1,0 \cdot G_{kj, \text{sup}} + 1,0 \cdot G_{kj, \text{inf}} + P + A + (\psi_{1,1} \vee \psi_{2,1}) \cdot Q_{k,1} + \sum (\psi_{2,i} \cdot Q_{k,i})$$

G.4 Käyttörajatila

Käyttörajatiloissa kuormien mitoitusarvoina käytetään taulukon G8 arvoja. Kyseinen taulukko vastaa liitteen A2:n taulukkoa A2.6 ja siihen on kirjoitettu sisään Suomen kansalliset valinnat.

Taulukko G.8 Käyttörajatilayhdistelyt

	Pysyvät kuormat		Esiäännitys		Määäävää muuttuva kuorma	Muut samanaikaiset muuttuvat kuormat
<i>Ominaisyhdistelmä 6.14</i>	1,00	G	1,00	P	(määäävää muuttuva kuorma)	$\Psi_{0,1} \cdot$ (muut muuttuvat kuormat)
<i>Tavallinen yhdistelmä 6.15</i>	1,00	G	1,00	P	$\Psi_{1,1} \cdot$ (määäävää muuttuva kuorma)	$\Psi_{2,1} \cdot$ (muut muuttuvat kuormat)
<i>Pitääaikaisyhdistelmä 6.16</i>	1,00	G	1,00	P	$\Psi_{2,1} \cdot$ (määäävää muuttuva kuorma)	$\Psi_{2,1} \cdot$ (muut muuttuvat kuormat)

- Taulukossa käytetään standardin suositusarvoja
- Eri käyttörajatiloissa tehtävät tarkastelut on määritetty materiaaliakohtaisissa sovellusohjeissa
- Mitoituskaava 6.14: $E_d = 1,0 \cdot G_{kj, sup} + 1,0 \cdot G_{kj, inf} + P + Q_{k,1} + \sum (\psi_{0,i} \cdot Q_{k,i})$
- Mitoituskaava 6.15: $E_d = 1,0 \cdot G_{kj, sup} + 1,0 \cdot G_{kj, inf} + P + \psi_{1,1} \cdot Q_{k,1} + \sum (\psi_{2,i} \cdot Q_{k,i})$
- Mitoituskaava 6.16: $E_d = 1,0 \cdot G_{kj, sup} + 1,0 \cdot G_{kj, inf} + P + \sum (\psi_{2,i} \cdot Q_{k,i})$

G.4.3.2 Kevyen liikenteen mukavuuskriteerit

Kevyen liikenteen silloilla värähtelystä aiheutuvat kiihtyvyydet on tarkistettava kun sillan jokin ominaistääjuus on pystysuuntaiselle värähtelylle alle 5,0 Hz ja poikittaiselle värähtelylle sekä vääntövärähtelylle alle 2,5 Hz. Pystysuuntaisena herätteenä käytetään kävelyherätettä tarkasteltavan ominaistääjuuden ollessa alle 2,3 Hz ja muuten juoksuherätettä. Poikittaissuuntaisena herätteenä käytetään ainoastaan kävelyherätettä. Kiihtyvyys ei saa ylittää pystysuuntaisilla värähtelyillä arvoa 0,7 m/s² ja vaakasuuntaisilla värähtelyillä arvoa 0,2 m/s².

Kevyen liikenteen siltöjen värähtelytarkastelussa sillat jaetaan niiden sijainnin perusteella neljään eri siltaluokkaan. Käytettävä heräte valitaan siltaluokan perusteella. Siltaluokat on esitetty taulukossa G.9.

Taulukko G.9 Kevyen liikenteen siltöjen siltaluokat

Luokka	Kuvaus	Heräte
1	Erittäin vilkkaasti liikennöidyt kevyen liikenteen sillat. Esimerkiksi sillat urheilustadionien läheisyydessä.	Heräte määritellään hankekohtaisesti.
2	Vilkaasti liikennöidyt kevyen liikenteen sillat. Esimerkiksi sillat kaupunkien keskustoissa.	Jalankulkijavirta $d = 0,5 \text{ hlö/m}^2$ tai kaksi juoksijaa.
3	Normaalisti liikennöidyt kevyen liikenteen sillat.	Neljä kävelijää tai yksi juoksija.
4	Vähäisesti liikennöidyt kevyen liikenteen sillat. Esimerkiksi sillat metsäpolkujen varrella.	Yksi kävelijä. Hankekohtaisesti tarkastelu voidaan jättää tekemättä.

Kävelijä- sekä juoksijaryhmillä käytettävän herätteen pystysuuntainen amplitudi saadaan lausekkeesta

$$F = k \cdot \alpha \cdot \rho \quad (\text{G.1})$$

missä

k on määräkerroin, $k = n^{0.5}$ (jalankulkijat epätahdissa)

n on jalankulkijoiden määrä

α on kuormakerroin

P on yhden kävelijän paino (700 N)

Kuormakerroin lasketaan kaavalla G.2 kävelyherätteelle ja kaavalla G.3 juoksuherätteelle.

$$\alpha = 0,83 \cdot e^{-0,35f} \leq 0,45 \quad (\text{G.2})$$

$$\alpha = 5,25 \cdot e^{-0,45f} \leq 1,5 \quad (\text{G.3})$$

missä f on rakenteen ominaistaajuus. Vaakasuuntaisen herätteen amplitudi saadaan pystysuuntaisesta amplitudista kertomalla se kertoimella 0,125. Siltaluokassa 4 voidaan yksiaukkoisilla silloilla käyttää myös standardin SFS-EN 1995-2 liitteessä B esitettyä yksinkertaistettua menetelmää.

Jalankulkijavirrälle herätteenä käytetään koko kannen alalle tasaisesti jakautunutta kuormaa, jonka suunta valitaan niin, että sillä saadaan määräävä vaikutus tarkasteltavalla ominaisuudella. Kuorman suunta voi vaihdella sillan eri osissa. Kuorman amplitudi jalankulkijavirrälle saadaan kaavasta

$$F = a \cdot P \cdot n' \cdot \psi \quad (\text{G.4})$$

missä

a on herätteen suunnasta riippuva kerroin (pystysuuntaiselle 0,4 ja poikittaiselle 0,05)

P on yhden kävelijän paino (700 N)

n' on ekvivalentti jalankulkijoiden määrä

ψ on taajuudesta riippuva kuormakerroin

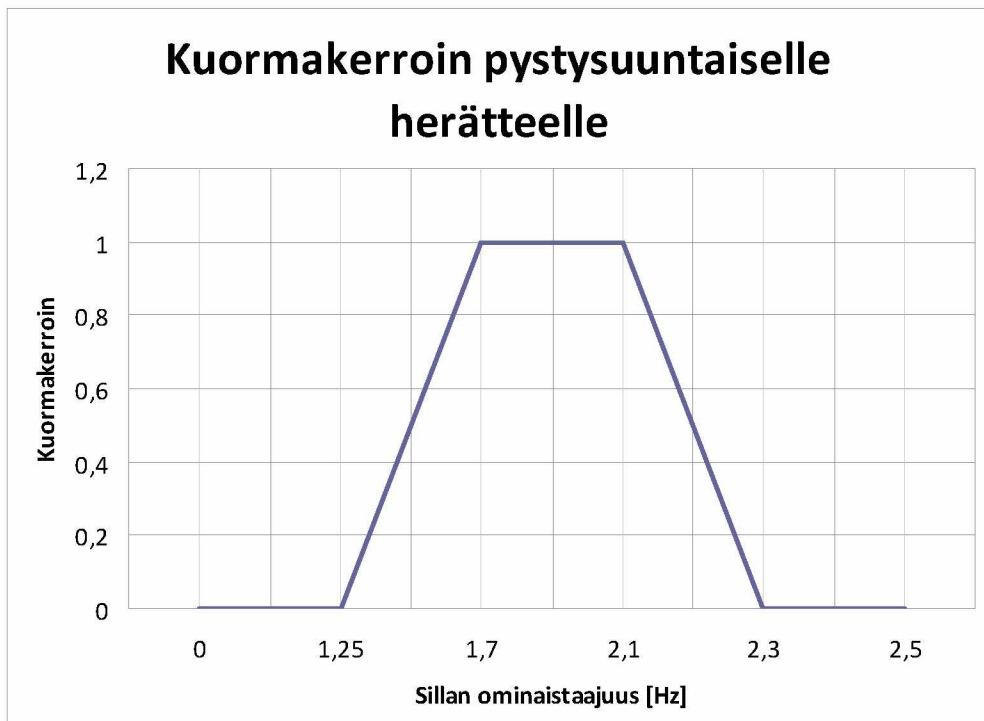
Ekvivalentti jalankulkijöiden määrä saadaan kaavasta

$$n' = \frac{10,8\sqrt{\xi \times n}}{A} \quad (G.5)$$

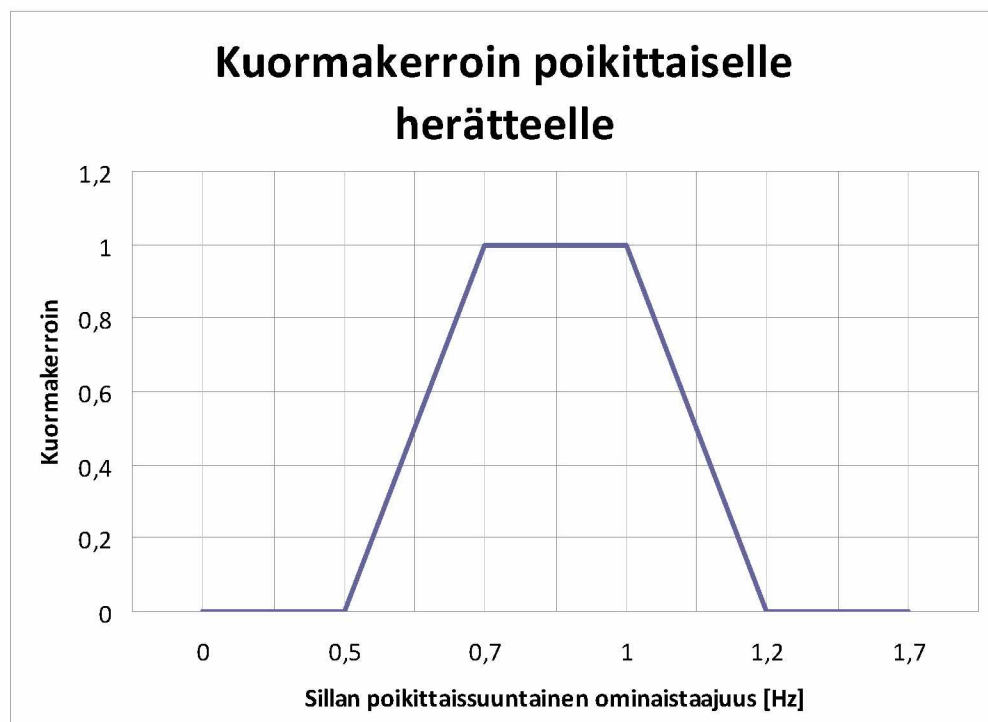
missä

- ξ on sillan vaimennussuhde
 n on jalankulkijöiden määrä sillalla ($n = d \times A$)
 A on sillan kannen pinta-ala

Kuormakertoimen ψ arvo on esitetty alla olevissa kuvissa.



Kuva G.1



Kuva G.2

Jalankulkijaherätteen aiheuttamia värähtelyjä tarkasteltaessa käytettävät vaimennussuhteen arvot eri materiaaleille on esitetty taulukossa G.10.

Taulukko G.10: Vaimennussuhteet

Materiaali	Pienin ξ	Keskimääräinen ξ
Teräsbetoni	0,80%	1,30%
Jännitetty betoni	0,50%	1,00%
Liittorakenne	0,30%	0,60%
Teräs	0,20%	0,40%
Puu	1,00%	1,50%

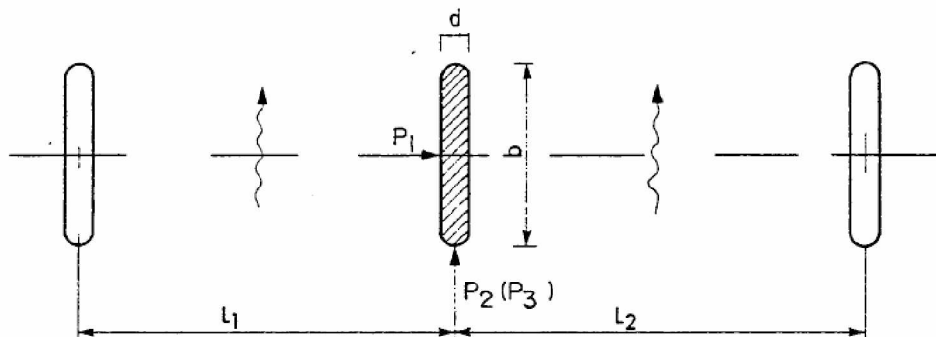
H Eurokoodin soveltamisalan ulkopuolelle jäävät kuormat ja muut lisäohjeet

H.1 Jääkuormat

Siltarakenne mitoitetaan jääkuormalle ottamalla huomioon paikalliset olosuhteet ja rakenteen muotoilu. Tavallisessa jokien jääolosuhteissa siltöjen jääkuormat voidaan määrittää seuraavassa esitetyllä tavalla. Näitä arvoja pienempiä arvoja voidaan käyttää helppoissa olosuhteissa, esim. jos siltapilarit ovat joka puolelta jääpeitteen ympäröimiä ja jää sulaa paikoilleen. Erityisen vaikeissa olosuhteissa käytetään suurempia jääkuorman arvoja.

Rakenteisiin kohdistuvien jääkuormien oletetaan vaikuttavan vedenpinnan tasossa vaakasuorassa suunnassa.

Siltapilariin kohdistuu jääkuorma P_1 , joka aiheutuu ensisijaisesti pysyvän jääpeitteen lämpötilan muutoksesta, ja jääkuorma P_2 , joka aiheutuu virran paineesta kiinteään jääpeitteeseen. Kuorman P_1 otaksutaan vaikuttavan kohtisuoraan pilarin sivupintaa vastaan ja kuorman P_2 virran suunnassa. (Kuva H1). Jääkuormien P_1 ja P_2 ei oleteta vaikuttavan samanaikaisesti.



Kuva H.1 Sillan tukeen vaikuttavat jääkuormat

Jääkuorman P_1 suuruus määritetään kaavasta

$$P_1 = b \cdot i_1 \quad (\text{H.1})$$

jossa

- b = siltapilarin leveys
 i_1 = 100 kN/m linjan Kemi-Kajaani eteläpuolella
 150 kN/m linjan Kemi-Kajaani pohjoispuolella

Jos pilarin molemmiin puolin on kiinteä jäänpeite, P_1 arvoa voidaan pienentää.

Jos vesistön rannat siltapaikan alueella ovat niin jyrkät, että jääkenttä saa täyden tuen vastareunaltaan, (esim. kallioranta 1:1 tai jyrkempi) kerrotaan jääkuorman P_1 arvo kertoimella 1,5.

Jääkuorman P_2 suuruus määritetään kaavasta

$$P_2 = 0,5(l_1 + l_2)i_2 \quad (\text{H.2})$$

jossa

l_1 ja l_2 ovat etäisyydet tarkasteltavalta pilarilta viereisiin pilareihin
 $i_2 =$ 20 kN/m linja Kemi-Kajaani eteläpuolella
30 kN/m linjan Kemi-Kajaani pohjoispuolella

Jos siltapaikan alueella esiintyy liikkuvaa jäätä, tarkistetaan siltapilarit lisäksi virran suunnassa vaikuttavalle kuormalle P_3 , joka määritetään kaavasta

$$P_3 = 1000 \cdot h \cdot d [\text{kN}] \quad (\text{H.3})$$

jossa

$h =$ jään paksuus tarkasteltavassa kohdassa (m)
Jään paksuudeksi ei kuitenkaan oleteta enempää kuin 1,0 m
 $d =$ siltapilarin paksuus (m)

H.2 Tukipainuman ottaminen huomioon

Jos pääty- ja välituet perustetaan siten, että on odotettavissa perustusten painumia, arvioidaan painumaerot geoteknisten laskelmien perusteella. Kalliolle perustetut tuet oletetaan painumattomiksi. Maanvaraisten tukien painumaeroksi oletetaan aina vähintään 10 mm. Kalliokuoppaan ohuen täytteen varaan perustetun tuen siirtymäksi oletetaan 10mm, vaikka kuoppaa ei kuivateta.

Tukipainuma otaksutaan pysyväksi kuormaksi.

Maanpaineen tai muiden vaakasuorien kuormien rasittamien maanvaraisten perustusten siirtymät arvioidaan erikseen. Kalliolle perustetut tuet oletetaan vaakasuunnassa siirtymättömiksi. Maanvaraisten tukien siirtymän vaakasuorassa suunnassa oletetaan olevan aina vähintään 10 mm (joka otetaan huomioon liikuntasaumalaitteiden ja laakereiden liikevaroissa).

H.3 Laakerikitka

Liikkuvan laakerin kitka määritetään valmistajan suositusten mukaisesti ottaen huomioon materiaaliominaisuuksien ajasta riippuvat muutokset sekä laakerin mahdollinen likaantuminen ja syöpyminen. Riittävien tietojen puuttuessa määritetään kitkavoima kokeilla.

Teräksisten rullalaakerien laakerikitkan otaksutaan olevan 6 % pysyvän kuorman tukireaktiosta. Liukulaakereissa, joissa kitkapinnat ovat polytetrafluoretyleniä (PTFE), laakerikitka vaihtelee riippuen mm. lämpötilasta ja pintapaineesta. Ellei tarkempia selvityksiä ole käytettävissä kitkan voidaan otaksua olevan niissä 6 % pysyvän kuor-

man tukireaktiosta kun keskimääräinen pintapaine laakerissa on 20 MN/m^2 ja 10 % kun pintapaine on 10 MN/m^2 . Väliarvot voidaan interpoloida lineaarisesti.

Ks. myös standardin EN 1993-2 liite A.

H.4 Maanpaineen käsittely

Lepopaine katsotaan yleensä pysyväksi kuormaksi. Jos joku osa maa-aineksesta/maasta voidaan otaksua poistettavaksi rakenteen käyttöaikana, lasketaan poistamisen vaikutus pysyvän kuorman muutoksena.

Maanpaine, joka aiheutuu maan pintaan kohdistuvasta kuormasta, luokitellaan samalla tavalla kuin kuorma, joka sen aiheuttaa (yhdistelykerroin ja varmuuskerroin aiheuttavan kuorman mukaan).

Siltojen maa- ja välituet mitoitetaan vähintään lepopaineen suuruiselle maanpaineelle ja tarkistetaan myös 0,7 kertaa lepopaineen suuruiselle paineelle.

Jos rakenne pakotetaan liikkumaan maata vastaan, mitoitetaan se suuremmalle maanpaineelle kuin lepopaine (passiivipaine). Passiivipaineen tapauksessa yhdistelykerroin määräytyy aiheuttavan kuorman mukaan ja varmuuskerroin pysyvän kuorman mukaan.

H.5 Vedenpinnan aseman huomioonottaminen

Vedenpinnan raja-arvoina käytetään alivedenpintaa (NW) ja ylivedenpintaa (HW). Vedenpaine ja veden aiheuttama noste voidaan käsitellä pysyvänä kuormana alivedenpinnan NW -tasolla ja HW -tason ja NW -tason väliseltä osalta muuttuvana kuormana, joka otetaan huomioon koko arvolla kuormia yhdistettäessä.

H.6 Betonin kutistuminen ja viruminen

Betonin kutistuminen ja viruminen voidaan yleensä ottaa huomioon suunnittelussa loppuarvolla. Tilanne, jossa vain osa kutistumisesta ja virumisesta on tapahtunut, tutkitaan tarvittaessa. Liikennekuorman kuormittaessa rakennetta voidaan otaksua vähintään 50 % kutistumasta ja virumasta tapahtuneeksi. Lisäohjeita esitetään Liikenneviraston betonisiltojen sovellusohjeessa.

Kuormayhdistelyissä kutistuminen ja viruminen otetaan huomioon pysyvänä kuormana.

H.7 Jännevoima

Jännevoiman vaikutus lasketaan välittömästi jännittämisen jälkeen hetkellä $t = 0$ ja kaikkien häviöiden tapahtuttua hetkellä $t = \infty$. Tarvittaessa tarkastellaan jännevoi-

man vaikutus ajanhetkellä $t = t_1$, jolloin silta kuormitetaan ja vasta osa häviöistä on tapahtunut.

H.8 Laakereiden ja liikuntasaumalaitteiden liikevarojen määrittäminen

Laakereiden ja liikuntasaumalaitteiden liikevarat mitoitetaan taulukon G8 ominaisyhdistelmälle. Liikevaroissa on huomioitava taulukossa H1 annettu lisävarmuus sekä tukien siirtymät. Liikuntasaumalaitteen ja laakereiden liikevaroja määrittäessä tulee huomioida kannen kiertymän vaikutus liikuntasaumalaitteeseen.

Taulukko H.1: Lisävarmuuden ΔT_o ominaisarvot

Tapaus	Asentaminen	$\Delta T_o [^\circ\text{C}]$
1	Asennus suoritetaan rakenteen ollessa ennalta määritetyssä lämpötilassa.	10
2	Asennus suoritetaan ilman, että rakenteen asennusaikaista lämpötilaa on ennalta määritetty tai jos kiinteän laakerin paikassa tapahtuu muutoksia.	20

Tukien siirtymiä laskettaessa otaksutaan:

- kalliolle perustettu tuki ei liiku
- maanvarainen tuki siirtyy ± 10 mm / tuki, päätytuki vain aukkoon päin
- paalutetut tuet laskelmien mukaan / ± 10 mm

Ellei tarkempaa tietoa ole saatavissa voidaan laakereita ja liikuntasaumalaitteita asennettaessa käyttää taulukon H2 mukaisia asennuslämpötiloja.

Taulukko H.2: Asennuslämpötilat T_o

Laakeria asennettaessa			Liikuntasaumalaitetta asennettaessa	
Vuodenaika	Paikalla valettu	Muut sillat	Vuodenaika	Kaikki sillat
Kesä	+30°C	+20°C	Kesä	+20°C
Talvi	+20°C	-10°C	Talvi	-10°C

Kutistuman ja viruman vaikutusta laskettaessa voidaan rakenteen iän otaksua olevan 14 vrk jännitettäessä ja 42 vrk liikuntasaumalaitetta asennettaessa.

Piirustukseen merkitään tarvittava kokonaisliikemäärä ja asennusennakko tai asennusväli muuttuvan asennuslämpötilan mukaan ($\Delta T = 5^\circ\text{C}$) taulukkona. Kumilevyllaakereille ei voida asettaa asennusennakkoa.

H.9 Liikuntasaumalaitteet

Maatukiin, joissa on useampikuminen liikuntasaumalaite, tehdään tarkastus- ja huoltotila laitteen alle. Tilan minimileveys on 600 mm ja siinä on oltava seisomakorkeus ja laitteeseen on yletyttävä tekemään käsin huoltotoimenpiteitä. Tarkastus- ja huoltotilan suunnittelussa käytetään Liikenneviraston julkaisun ”Siltojen hoito ja ylläpito, suunnitteluohje” ohjeita.

Silloissa käytetään vain Liikenneviraston hyväksymiä liikuntasaumalaitteita. Liikuntasaumalaitteille asetetaan siltasuunnitelmassa seuraavat vähimmäisvaatimukset:

Saumalaitteen liikemäärä saa olla yhtä kumielementtiä kohden enintään 60 mm moottori- ja moottoriliikennetien silloilla ja 80 mm muiden teiden sekä kevyen liikenteen väylien silloilla. Saumalaitteen liikemäärän raja- arvot määritetään sillan liikkeen suunnassa.

Puukantisissa silloissa käytetään puristetussa tilassa olevaa kumiprofiilia, jonka liikevara on 0...50 mm.

Teräskantisissa silloissa laite kiinnitetään joko hitsaamalla tai ruuveilla kansilevyn läpi.

Piirustuksissa on ilmoitettava laitevaatimus, todellinen tarvittava liikevara ja kumiprofiilien määrä.

Reunapalkin kohdalla saumalaite voidaan taittaa ylöspäin jotta vesi ei valu laitetta pitkin luiskaan kun sillan pituuskaltevuus on $\geq 2,0$ %.

Liikuntasaumalaitteen kumi- ja teräsprofiili ulotetaan 100 mm reunapalkin ulkopuolelle, mikäli liikuntasaumalaitteen korkoasema laskee reunapalkkia kohden. Teräsprofiilin alalaipat leikataan tältä osin pois. Käytettäessä matalaa reunapalkkia on saumalaite viistettävä kannen reuna-alueilla reunapalkin yläpinnan kaltevuuteen siten, ettei saumalaitteen yläreuna jää reunapalkin yläpintaa korkeammalle tasolle.

Useampikumisen liikuntasaumalaitteen poikkikannattajat (traverssit) on asennettava sillan liikkeen suuntaisiksi.

Massaliikuntasauaman tarve ja käyttömahdollisuus harkitaan erikseen. Massaliikuntasaumaa voidaan käyttää, kun liikuntasauaman kokonaisliikemäärä on enintään 30 mm, ellei Liikennevirasto ole hyväksynyt erikseen tätä suurempaa liikemäärää.

H.10 Siltalaakerit

H.10.1 Yleistä

Päällysrakenteen ja laakeritason välin on oltava kumilevylaakereita käytettäessä vähintään 200 mm ja muita laakerityyppejä käytettäessä 250 mm. Tästä poiketen kaikille laakerityypeille hyväksytään vähimmäisväli 150 mm, jos pilarin yläpinnan pinta-alan pienuudesta johtuen laakerin kunto on helposti tarkastettavissa joka puolelta.

Laakerit on tehtävä betonisissa silloissa irrotettaviksi kiinnittämällä niiden ala- ja ylälevyt pulteilla. Laakerit on varustettava pölysuojuksin.

Vinoissa silloissa varataan laakeritasolle ja päällysrakenteen alapintaan riittävästi tilaa laakerivarausta varten.

Kumipesälaakerien tulee olla testattu -40°C:ssa InfaRYL kohdan 42420.01 vaatimusten mukaisesti.

Laskettaessa laakeritappien tai liikerajajatappien leikkausvoimakapasiteettia on otettava vähentävänä tekijänä huomioon vaakavoiman vaikutuspisteen todellinen etäisyys betonin pinnasta. Laskenta voidaan tehdä esim. teoksen Leonhardt, Vorlesungen über Massivbau, Zweiter Teil, 1975 kohdan 3.6 mukaisesti.

Kumilevy-laakeroiduissa silloissa, joiden päällysrakenteen pääty liikkuu penkereessä, liikerajajien käytössä noudatetaan seuraavia periaatteita:

Jos päällysrakenteen pääty on kohtisuora liikesuuntaa vastaan, poikittaisia liikkeenrajaajia ei tarvita, ellei rajaajien käyttämiseen ole erityisiä perusteita.

Jos päällysrakenteen pääty on vino, tarvitaan poikittaisia siirtymiä estävät liikkeenrajaajat, jotka mitoitetaan niihin kohdistuville rasituksille.

H.10.2 Mitoituskuormien määrittäminen

Laakereiden rakenteellinen mitoitus suoritetaan taulukon G5 mukaiselle murtorajatilan yhdistelmälle sekä taulukon G8 mukaiselle käyttörajatilan ominaisyhdistelmälle.

Laakeri ei saa mennä vedolle käyttörajatilan ominaisyhdistelmällä. Mikäli laakeri menee vedolle murtorajatilan kuormitusyhdistelmällä, on rakenteen kestävä laakerilta nousu tai laakeri on suunniteltava vetoa kestäväksi.

Yhteen suuntaan liikkuvien laakereiden suuntaus ja siitä aiheutuvat pakko-voimasuureet on tarkasteltava laskelmissa.

Laakerin toimittajaa varten esitetään taulukon H3 mukaiset lähtötiedot.

Taulukko H.3:

	N_z [kN]	V_x [kN]	V_y [kN]	u_x [mm]	u_y [mm]	α_x [mrad]	α_y [mrad]
Murtorajatila							
Laakerikuormat taulukon G5 mukaiselle yhdistelmälle.							
max. N_{zd}							
min. N_{zd}							
max. $V_{x,Ed}$							
min. $V_{x,Ed}$							
max. $V_{y,Ed}$							
min. $V_{y,Ed}$							
Käyttörajatila							
Laakerikuormat taulukon G8 mukaiselle ominaisyhdistelmälle							
max. N_{zd}							
min. N_{zd}							
max. $V_{x,Ed}$							
min. $V_{x,Ed}$							
max. $V_{y,Ed}$							
min. $V_{y,Ed}$							
Laakerin siirtymät ja kiertymät taulukon G8 mukaiselle ominaisyhdistelmälle ¹⁾							
max. $u_{x,d}$							
max. $u_{y,d}$							
max. $\alpha_{x,d}$							
min. $\alpha_{x,d}$							
max. $\alpha_{y,d}$							
min. $\alpha_{y,d}$							

Vähintään taulukon tummennetut sarakkeet tulee täyttää.

1) Laakerien liikevara mitoitetetaan kappaleen H8 mukaisesti.

Laakerointipiirustuksessa esitetään taulukon H4 mukaiset lähtötiedot.

Taulukko H.4:

KUMIPESÄLAAKERIT				
	T1		T2	
	L11	L12	L21	L22
PYSTYKUORMAT [MN]				
- Pysyvät				
- max				
- min				
VAAKAKUORMAT [MN]				
- Sillan pituussuuntaan				
- Sillan poikkisuuntaan				
LIIEKEVARAT [mm] siirtymät				
- Sillan pituussuuntaan				
- Sillan poikkisuuntaan				
SUURIN KIERTYMÄ				
SILTALEVYLLE+LAAKERILLE+ALUSTAVALULLE VARATTU TILA h [mm]				
LAAKERIN ALALEVYN MINIMIKOOT [mm]				
- Halkaisija				
- Neliö/sivumitta				
ASENNUSENNAKKO [mm]				
t = -10°C				
t = 10°C				
t = 20°C				
Asennusennakko liikekeskustaan päin				
t = rakenteen lämpötila				
Jos asennettavan laakerin korkeus on suurempi tai laakerityyppi tai levyjen muoto poikkeaa oletetusta, on sillan pääsuunnittelijan on tarkastettava suunnitelma.				

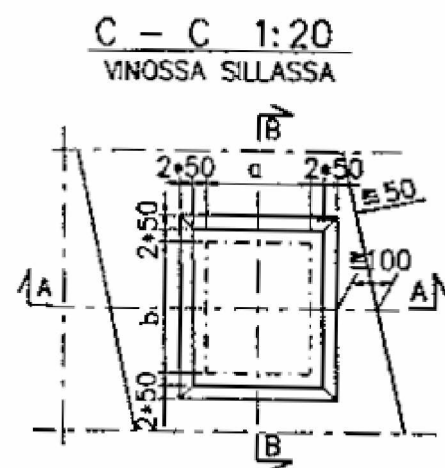
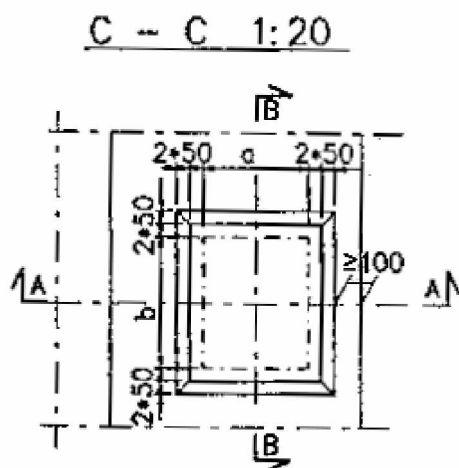
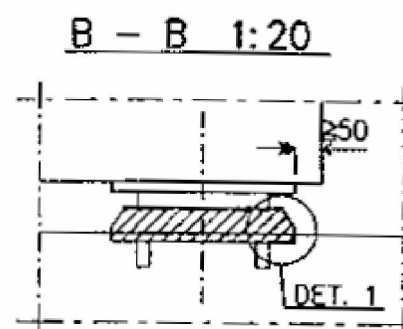
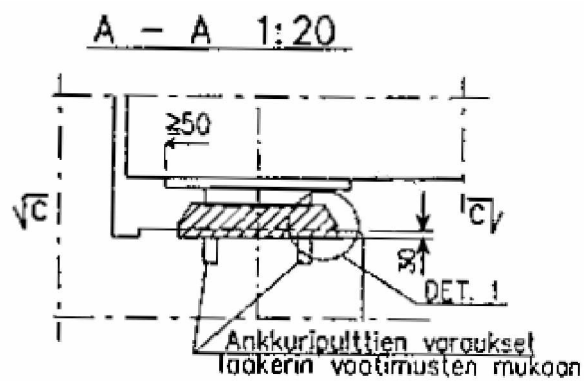
Taulukossa esitettävien kuormien ja liikkeiden arvot ovat taulukon G8 ominaisyhdistelmän mukaiset.

Kumilevylaakerit mitoitetaan standardin SFS-EN 1337-3 mukaisesti.

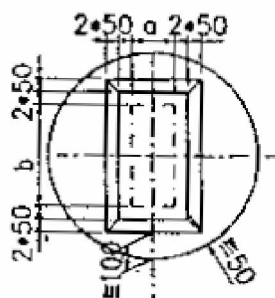
Kumilevylaakereilla suunnittelijan on huolehdittava siitä, että kustakin kuormitusyhdistelmästä annetaan vain joko siirtymä tai sitä vastaava voima. Jos yhdistelmä sisältää sekä siirtymiä että voimia on huolehdittava siitä, ettei samasta kuormituksesta anneta molempia.

H.10.3 Laakerialusta

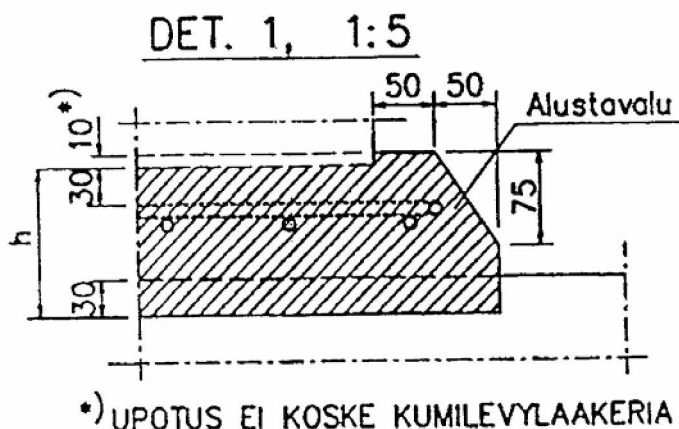
Laakerialustan muoto, mitat, materiaalivaatimukset ja raudoitusperiaate on esitettävä suunnitelmassa.



C – C 1:20
PYÖREÄLLÄ PILARILLA



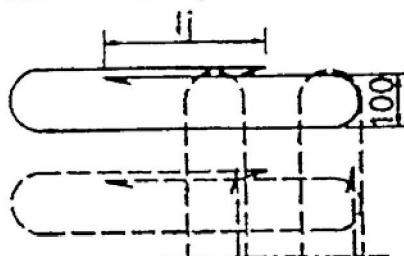
Laakerin alalaatan ja kumilevylaakerin sivumitot a ja b



ALUSTAVALUN RAUDOITUSPERIAATE

1. JOS ALUSTAVALUN ALAPINTA ON KÄYTTÖRAJATILASSA PURISTETTU, MÄÄRÄTÄÄN ALUSTAVALUN TERÄSTYS SEURAAVASTI:

- Jos alustavalun korkeus $h < 70$ mm, raudoitusta ei tarvita
- Jos $70 < h \leq 170$, määritetään teräkset oheisen taulukon ja piirroksen mukaan.



N _{max} (MN)	Raudoitus	Jatkospituus l _j
2,5	♠ 8 #100	250
5,0	♠ 10 #100	300
7,5	♠ 12 #100	350
Suuremmilla laakerikuormilla raudoitus määrätään tapauskohtaisesti.		

2. MUULLOIN MÄÄRÄTÄÄN ALUSTAVALUN TERÄKSET JA ANKKUROIINTI ALUSRAKENTEESSEN TAPAUSSKOHTAISESTI.

Laakerialustan laatuvaatimukset on esitettävä piirustuksessa.

Jos laakerin yläpuolelle joudutaan tekemään täytevalu, niin se on tehtävä samaan aikaan ja samasta betonista kuin kannen valu. Laakerilevyn reunaetäisyydet ja täytevalun reunaviisteet ovat samat kuin alustavalussa.

Jos täytevalun korkeus on yli 50 mm, niin se on raudoitettava. Raudoitus on muuten sama kuin alustavalussa, mutta raudoitteet on ankkuroitava kannen betoniin.

Yli 100 mm korkeaa laakerin yläpuolista täytevalua ei saa tehdä.

H.10.4 Laakerin aluslevyn minimikoon määrääminen

H.10.4.1 Sovellutusalue

Tätä ohjetta voidaan soveltaa kaikkiin teräsbetonialustalle asennettaviin laakereihin lukuun ottamatta kumilevy-laakereita. Niiden suunnittelu tehdään entiseen tapaan asianomaista ohjetta noudattaen.

H.10.4.2 Laskentaperusteet

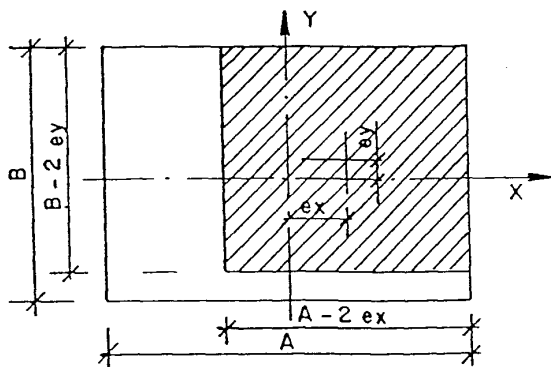
Betonin puristusjännitys laakerilevyn alla lasketaan paikallisena puristuksena ohjetta "Eurokoodin sovellusohje: Betonisillat" noudattaen. Laskennan edellytyksenä on, että paikallisen puristuksen aiheuttama poikittaisjännitys on laskettu ja halkaisuvoima on tarvittaessa otettu raudoituksella.

Laatan läpileikkautuminen saattaa myös tulla määrääväksi, jolloin joudutaan käyttämään suurempaa levykokoa kuin paikallinen puristuskestävyys edellyttäisi.

H.10.4.3 Kuormituspinta-ala

Laskennassa kuormituspinta-alana käytetään ns. tehokasta pinta-alaa, jossa kuorman epäkeskisyys ja laakerin liikevara on huomioitu pinta-alaa pienentävänä tekijänä.

Tehokas pinta-ala $A_{eff} (A_{co})$



$$e_x = \frac{\Delta L_x}{2} + \frac{H_x * h}{V}$$

$$e_y = \frac{\Delta L_y}{2} + \frac{H_y * h}{V}$$

ΔL_x = laakerin laskettu kokonaisliikevara pituussuunnassa.

ΔL_y = laakerin laskettu kokonaisliikevara poikkisuunnassa.

V = pystysuora laakerikuorma

H_x = laakerin vaakakuorma pituussuunnassa.

H_y = laakerin vaakakuorma poikkisuunnassa.

h = laakerin korkeus.

Vinossa sillassa kuormituspinnan A_{co} nurkka sijaitsee usein lähinnä pilarin tai rinta-muurin reunaa. Suure A_{c1} lasketaan tämän nurkan reunaetäisyyden perusteella. Ym-

pyrönmuotoisen alalevyn vaadittavaa minimikokoa laskettaessa reunaetäisyytenä käytetään pinta-alaltaan vastaavan suuruisen neliön reunaetäisyyttä.

Tavanomaisissa kumipesälaakereissa voidaan laakerin korkeusmitta h valita laskenta varten taulukosta H.5. Muun tyyppisissä laakereissa ja suurissa kumipesälaakereissa käytetään valmistajan ilmoittamaa korkeusmittaa.

Taulukko H.5 Laakerin korkeus

V (kN)	h (mm)
1000	100
3000	125
5000	150
7000	175
10000	200

H.10.5 Laskentaesimerkki

Tätä laskentaesimerkkiä voidaan käyttää soveltaen.

Laakerin korkeus $h = 135 \text{ mm}$ (Taulukossa)

Kokonaisliikevara $\Delta L = 200 \text{ mm}$

Laskentakuorma $V = 6,02 \text{ MN}$ ($1,15g + 1,35q_{k1}$)

Vaakakuorma pituussuunnassa $H_x = 0,14 \text{ MN}$

Vaakakuorma Poikkisuunnassa $H_y = 0,12 \text{ MN}$

Kansilaatan betoni $C35/45 - 3$, $f_{cd} = 25,9 \text{ MN/m}^2$

Tuen betoni $C30/37 - 3$, $f_{cd} = 22,2 \text{ MN/m}^2$

1. YLÄLAATTA

Ratkaistaan tehokas pinta-ala kaavasta

$$F_{Rdu} = A_{co} \times f_{cd} \times \sqrt{\frac{A_{cl}}{A_{co}}} \quad F_{Rdu} = V$$

$$A_{co} = \frac{V^2}{f_{cd}^2 \times A_{cl}}$$

A_{cl} : den määäämiseksi lasketaan kuormituksen epäkeskisyyss ja otaksutaan A_{co} :lle pienin mahdollinen arvo.

$$A_{co} = \frac{V}{3 \times f_{cd}} = \frac{6,02}{3 \times 25,9} = 0,077 \text{ m}^2$$

$$e_x = \frac{200}{2} + \frac{0,14 \times 135}{6,02} = 103 \text{ mm}$$

$$e_y = \frac{0,12 \times 135}{6,02} = 3 \text{ mm}$$

$$A_{cl} = 0,63 \text{ m}^2 \text{ (Ks : kuorman jakaantuminen)}$$

$$A_{co} = \frac{6,02^2}{25,9^2 \times 0,63} = 0,086 \text{ m}^2$$

Pinta-ala on suurempi kuin minimiarvo joten ylälevyn tehokas pinta-ala

$$A_{eff} (A_{co}) \geq 0,086 \text{ m}^2$$

Ratkaistaan sivumitat yhtälöparista

$$(A - 2e_x)(B - 2e_y) = A_{eff}$$

$$A = B + \Delta L$$

$$B^2 + B(\Delta L - 2e_y - 2e_x) - 2\Delta L e_y + 4e_x e_y - A_{eff} = 0$$

$$B^2 - 12B - 85964 = 0$$

$$B = \frac{-(-12) + \sqrt{(-12)^2 - 4 \cdot 1 \cdot (-85964)}}{2}$$

$$B = 299 \text{ mm}$$

$$A = 299 + 200 = 499 \text{ mm}$$

2 ALALEVY

$$\text{Otaksutaan että } A_{co} = \frac{V}{3x f_{cd}} = \frac{6,02}{3 \times 22,2} = 0,090 \text{ m}^2$$

Lasketaan epäkeskeisyys

$$e_x = \frac{0,14 \times 135}{6,02} = 3 \text{ mm}$$

$$e_y = \frac{0,12 \times 135}{6,02} = 3 \text{ mm}$$

$$A_{cl} = 1,44 \text{ m}^2 \text{ (Ks : Kuorman jakaantuminen)}$$

$$A_{co} = \frac{6,02^2}{22,2^2 \times 0,090} = 0,081 \text{ m}^2$$

Laskettu pinta-ala on pienempi kuin minimivaatimus, joten alalevyn tehokas pinta-ala

$$A_{eff} (A_{co}) \geq 0,090 \text{ m}^2.$$

Oletetaan, että levy on neliö, jonka sivumitta on B.

Ratkaistaan sivumitta yhtälöstä

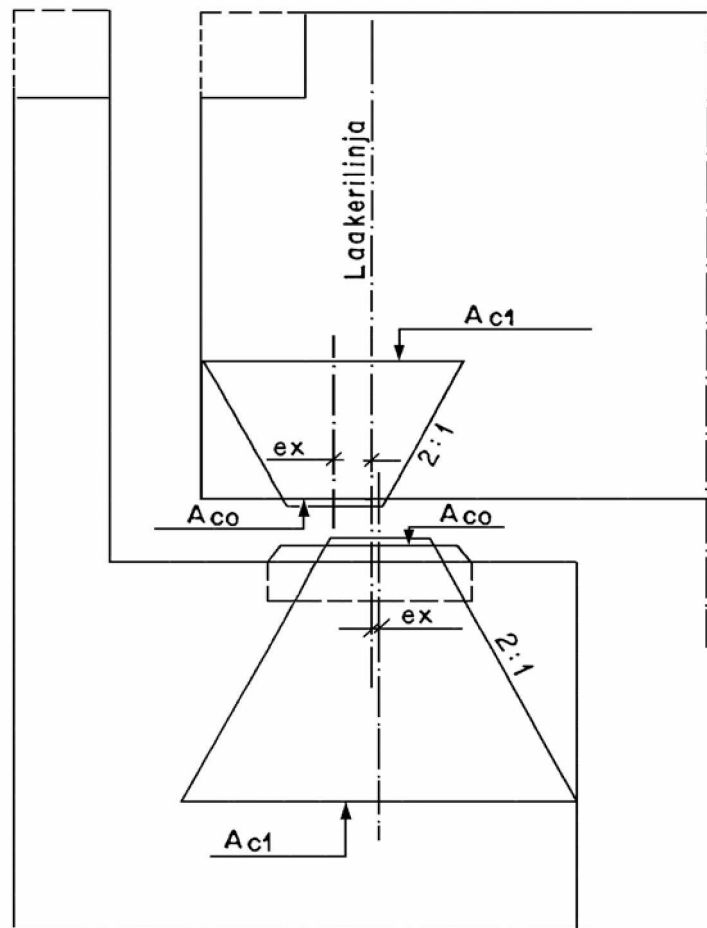
$$(B - 2e_x)(B - 2e_y) = A_{eff}$$

$$B^2 - B(2e_y + 2e_x) + 4e_x e_y - A_{eff} = 0$$

$$B^2 - 12B - 89964 = 0$$

$$B = 306 \text{ mm}$$

Kuorman jakaantuminen laakeritasossa ja päällysrakenteessa on esitetty kuvassa H.2.



Kuva H.2 Kuorman jakaantuminen

H.11 Pintarakenteet

H.11.1 Yleistä

Tässä kappaleessa esitetään kannen pintarakenteen valintaan liittyviä yleisperiaatteita. Lopullinen pintarakenteen valinta tehdään aina sillan tuote- ja laatuvaatimusten laadinnan yhteydessä yhteistyössä Liikenneviraston kanssa.

Tavanomaiset pintarakenneratkaisut on esitetty kohdassa H.11.7.1.

H.11.2 Kannen pintarakenteen valinta ja esittäminen suunnitelmassa

H.11.2.1 Pintarakenteen valinta eri vaihtoehtoista

Kermieristys on yleisimmin käytetty eristysmenetelmä. Sen haittana on ollut kupliminen hellekausina. Perussyitä kuplimiseen ovat kansirakennebetonissa oleva kosteus ennen eristystä ja työvirheet itse eristystyössä. Kermieristuksen kuplimisongelmat estetään valitsemalla ja merkitsemällä suunnitelmaan eristysalustan käsittelyksi epoksitiivistys tai valitsemalla aluskermiksi paineentasauskermi tai kermien suoja-kerrokseksi suojabetoni. Pääteiden silloilla eristysalustan epoksitiivistystä pidetään perusratkaisuna. Suojabetonia ei tulisi valita suolattavien teiden silloille.

Mastiksieristys ei aseta yhtä suuria vaatimuksia eristettävälle pinnalle kuin kermieristys. Mastiksieristys on altis työvirheille ja sen vedenpitävyydestä pitkällä aikavälillä (>20 v.) ei olla täysin varmoja. Useissa Euroopan maissa sen käyttöä on vähennetty tai jopa kokonaan luovuttu siitä. Mastiksieristettä ei käytetä liittopalkki- ja köysisil-loilla. Mastiksieristystä tulee välttää silloissa, joissa pituuskaltevuus ylittää 4 %.

Nestemäisenä levitettävät eristykset ovat oikein tehtyinä luotettavia eristeitä. Ne soveltuvat kaikille silloille. Nestemäisenä levitettävät eristykset ovat siinä mielessä ideaalisia eristyksiä, että ne ulottuvat reunapalkin sisäreunasta toisen reunapalkin sisäreunaan ilman saumoja. Näiden eristysten haittana on ollut joissakin tapauksissa päällysteen huono tarttuvuus eristykseen. Vanhimmat nestemäisenä levitettävät eristykset (polyuretaanieristykset) Liikenneviraston silloilla ovat vuodelta 1985.

Suunnittelijan on ratkaistava millä materiaalilla silta eristetään. Ratkaisuun täytyy saada Liikenneviraston hyväksyntä. Perusratkaisuna pidetään kermieristystä. Kohdissa 3 ja 4 on esitetty tarkemmin eristysalustan käsittelyn ja eristyksen eri vaihtoehtoja.

Päällyste valitaan yhteistyössä tiesuunnittelijan kanssa. Siltapäällysteen tulee olla ajo-ominaisuuksiltaan vähintään yhtä hyvä kuin tiepäällyste sillan molemmin puolin. Asfalttikonipäällyste soveltuu kaikille silloille. Valuasfaltti soveltuu vilkkaasti liikennöidyille silloille. Kumin käyttö molemmissa päällysteissä lisää päällysteen kimmoisia ominaisuuksia ja vähentää pinnan halkeilua ja deformatumista, mutta lisää päällysteen hintaa. Betonipäällysteen käyttö edellyttää, ettei tien liukkauden estoon käytetä suolaa.

Päällysteen valintaan vaikuttaa myös se, tehdäänkö sillan päällyste tien päällystämisen yhteydessä. Jos näin menetellään, valitaan päällyste tavallisesti samaksi kuin tielä.

H.11.2.2 Pintarakenteen esittäminen suunnitelmassa

Sillan yleispiirustuksessa määritellään pintarakenteen eri kerrosten laatu ja paksuus käyttäen tässä ohjeessa ja InfraRYL kohdassa 42300.3, annettuja nimityksiä.

Kannen mittapiirustuksessa esitetään aina:

- pintarakennetyyppikuva /eristysmateriaali yksilöitynä (kohta 7.1)
- ajoneuvomäärästä riippuva käyttöluokka (kohta 7.2)
- eristysalustalle vaadittavat käsittelyt kohdan 3 mukaisesti (epoksitiivistys, kumibitumiliuossively, jokin muu)
- paineentasauskermirakenne, jos sellainen on valittu, ja paineentasausputkien paikat (kohta 7.3) sekä huomautus molemmille reunoille asennettavasta normaalista metrin levyisestä aluskermikaistasta
- eristyksen suojakerros (kohta 7.2)
- päällystetyyppi (kohta 5)
- päällysteen sauma (kohta 5)

H.11.3 Eristysalustan käsittelyjen valinta

H.11.3.1 Tiivistysaineet

Kermi- tai mastiksieristyksen eristysalustan tiivistysaineen ja nestemäisenä levitettävän eristyksen tulee täyttää InfraRYL kohdan 42310.1.4 vaatimukset. Tiivistysaineen käyttökohteet on esitetty tämän liitteen kohdissa 4.1.1, 4.2 ja 4.3.

H.11.3.2 Kumibitumiliuossively

Kumibitumiliuoksen tulee täyttää InfraRYL kohdan 42310.1.3 vaatimukset. Kumibitumiliuossively tehdään betonikansilla niille osin, joille ei ole laitettu epoksitiivistystä. Kumibitumiliuossivelyn käyttökohteet on esitetty tämän liitteen kohdissa 4.1.1, 4.1.3 ja 4.2.

H.11.3.3 Jokin muu tartunta-aine

Tuotekohtaisesti eristysalustan käsittelyyn on voitu eristysmateriaalin hyväksynnän yhteydessä hyväksyä edellä mainittujen tuotteitten lisäksi jokin muu materiaali, jota on käytettävä kyseisen eristysmateriaalin kanssa samanaikaisesti. Tällöin on noudatettava tuotekohtaista ohjetta. Tätä ei tarvitse mainita erikseen suunnitelmassa.

H.11.4 Eristysmateriaalin ja eristyksen suojakerroksen valinta

H.11.4.1 Kermieristys

H.11.4.1.1 Epoksitiivistys / Kumibitumiliuos

Eristettävä betoninen kansilaatta esikäsitellään aina vedeneristyksen hyvän tartunnan aikaansaamiseksi ja betonin sisältämän kosteuden aiheuttaman rasituksen vähentämiseksi tai sen aiheuttaman kuplimisen estämiseksi. Eristettävä betonikansi joko pohjustetaan kumibitumiliuoksella (ainemenekki 0,2...0,3 kg/m²) tai tiivistetään epoksilla kauttaaltaan koko kansilaatan alueelta (ks. InfraRYL kohta 42310.3.2.1). Kumibitumiliuos tai tiivistysepoksi valitaan seuraavin perustein.

Betoninen kansilaatta tiivistetään massiivilaatta silloilla (rakennepaksuus ≥ 400 mm) ja (jännitetyillä) koko kansilaatan osalta epoksilla, kun ainakin yksi seuraavista ehdoista on voimassa:

- pääteiden ja niiden ramppien (so. valtatie, moottoriliikennetiet, moottoritiet, kantatiet) silloilla tai
- sillan liikennemäärä (KVL) on vähintään 3000 ajoneuvoa/vrk tai
- siltakannelle levitetään liukkaudentorjuntasuolaa tai
- silta on suolattavan tien ramppisilta tai
- silta sijaitsee liikennevalojen läheisyydessä tai
- sillan pituuskaltevuus on vähintään 4‰.

Näissä kohteissa saa käyttää paineentasauskermiä vain poikkeustilanteissa Liikenneviraston erikseen antamalla luvalla.

Muilla paksuilla betonikansilla kannen rakennepaksuuden ollessa ≥ 400 mm voidaan käyttää joko epoksitiivistystä, jolloin kermi kiinnitetään kauttaaltaan alustaansa tai Liikenneviraston edustajan erikseen antamalla luvalla voidaan käyttää myös paineentasauskermiä, jolloin eristysalusta pohjustetaan kumibitumiliuoksella. Epoksitiivistys tehdään tällöin paksuilla laatoilla koko kansilaatan osalle ja teräsbetonipalkkisilloilla sille kansilaatan osalle, missä kansilaatan paksuus on ≥ 400 mm sekä palkkien kohdilla leveydelle: palkki + ≥ 300 mm palkin molemmin puolin.

Ohuemmilla betonikansilla (rakennepaksuus < 400 mm) voidaan betonikansi pohjustaa kumibitumiliuoksella tai käyttää epoksitiivistystä.

H.11.4.1.2 Eristys kauttaaltaan kiinni alustassaan

Kermieristys asennetaan niin, että aluskermi (tyyppiä K-MS) tarttuu kauttaaltaan kiinni alustaansa. Asennus voidaan tehdä joko liimaamalla aluskermi sulalla kumibitumilla kannen yläpintaan tai käyttämällä ns. kuumentamalla kiinnitettäviä, hitsattuja, kermejä (tyyppiä K-MS hits.), jolloin kermin alapinnassa oleva tartuntabitumi sulatetaan puhalluslampulla kermiä auki rullattaessa. Varsinkin epätasaisille pinnoille eristettäessä liimaamalla kiinnitys on kokemusten mukaan varmempi tapa saada kermille riittävä tartunta alustaansa.

H.11.4.1.3 Paineentasauskermi aluskerminä

Paineentasauskermiä (tyyppiä K-TMS) käytetään aluskerminä niiden siltojen kansilaatoissa, joissa kohdan 4.1.1 mukaan ei käytetä epoksitiivistystä kansilaatan rakennepaksuuden ollessa yli 400 mm.

Kun aluskerminä käytetään paineentasauskermiä, asennetaan sillan molemmille reunoille ensimmäinen kermikaista kauttaaltaan alustaan kiinnitettynä tavallisena aluskerminä ja vasta sitä seuraavat paineentasauskermeinä.

Paineentasauskermit kiinnitetään alustaansa pisteliimaaten. Muilta osin kermi jää irti alustastaan. Vastaavasti palkkisilloilla paineentasauskermi asennetaan sille kansilaatan osalle missä kansilaatan paksuus on ≥ 400 mm sekä palkkien kohdilla leveydelle: palkki + ≥ 300 mm palkin molemmin puolin.

Paineentasauskermillisen sillan kansilaatta varustetaan kohdan 7.3 mukaisesti paineentasausputkilla. Paineentasausputkien paikat esitetään aina suunnitelmassa.

H.11.4.2 Mastiksieristys

Suunnitelmassa on esitettävä paineentasausputkien sijainti kannella (kohta 7.4).

Betoninen kansilaatta tiivistetään koko kansilaatan osalta epoksilla InfraRYL kohdan 42310.3.2.1 mukaisesti, kun ainakin yksi seuraavista ehdoista on voimassa:

- pääteiden ja niiden ramppien (so. valtatie, moottoriliikennetiet, moottoritiet, kantatiet) silloilla tai
- sillan liikennemäärä (KVL) on vähintään 3000 ajoneuvoa/vrk tai
- siltakannelle levitetään liukkaudentorjuntasuolaa tai
- silta sijaitsee liikennevalojen läheisyydessä tai
- silta on suolattavan tien ramppisilta.

Vaatus koskee myös eristysalustan korjattuja kohtia.

Muilla betonikansilla eristettävän alueen reunat jätetään reunapalkin sisäreunasta lukien 200 mm levyiselle alueelle ilman paineentasausverkkoa ja alue pohjustetaan kumibitumiliuoksella (ainemenekki 0,2 ...0,3 kg/m²) tai tilaajan erikseen tilatessa koko kannen yläpinta tiivistetään epoksilla InfraRYL kohdan 42310.3.2.1 mukaisesti.

Paineentasausverkko kiinnitetään pisteliimaten kumibitumilla siten, ettei se pääse massan levitysvaiheessa poimuuntumaan.

H.11.4.3 Nestemäisenä levitettävät eristykset

Eristettävä betonikansi joko pohjustetaan tiivistysaineella (primer) tuotekohtaisten ohjeiden mukaisesti tai tiivistetään epoksilla (tai tuotekohtaisesti hyväksytyllä muulla tiivistysaineella). Käytettävä menettely valitaan seuraavassa esitetyn perusteella.

Betoninen kansilaatta tiivistetään paksuilla betonikansilla (rakennepaksuus ≥ 400 mm) koko kansilaatan osalta epoksilla InfraRYL kohdan 42310.3.2.1 mukaisesti, kun ainakin yksi seuraavista ehdoista on voimassa:

- pääteiden ja niiden ramppien (so. valtatie, moottoriliikennetiet, moottoritiet, kantatiet) silloilla tai
- sillan liikennemäärä (KVL) on vähintään 3000 ajoneuvoa/vrk tai
- siltakannelle levitetään liukkaudentorjuntasuolaa tai
- silta on suolattavan tien ramppisilta tai
- silta sijaitsee liikennevalojen läheisyydessä tai
- sillan pituuskaltevuus on vähintään 4%.

Epoksitiivistys tehdään tällöin paksuilla laatoilla koko kansilaatan osalle ja teräsbetonipalkkisilloilla sille kansilaatan osalle, missä kansilaatan paksuus on ≥ 400 mm sekä palkkien kohdilla leveydelle: palkki + ≥ 300 mm palkin molemmin puolin.

Ohuemmilla betonikansilla (rakennepaksuus < 400 mm) voidaan betonikansi joko pohjustaa tiivistysaineella (primer) tai käyttää epoksitiivistystä.

H.11.4.4 Eristyksen suojakerrokset

Pääperiaatteena on, että eristys suojataan aina tavalla tai toisella. Poikkeuksen muodostavat kevyenliikenteen sillat, joilla käytetään kermieristystä. Eristyksen suojaustapa esitetään aina piirustuksessa. Eri suojaustavat on esitetty kohdassa 7.2 ja InfraRYL taulukossa 42320:T1.

Suojaustavan lisäksi piirustukseen merkitään myös kannen sisäreunan ja eristyksen päälle 250 mm leveydeltä tehtävät tiivistyssivelyt InfraRYL kohdan 42310.3.2.1 mukaisesti.

H.11.5 Päällyste ja sen saumat

Päällystekerrokset valitaan tämän ohjeen ja InfraRYL kohdan 42330 mukaisesti. Suunnitelman laatuvaatimukseen merkitään aina myös eristyksen tai suojakerroksen päälle tulevan alimmaisen asfalttikerroksen minimipaksuus seuraavasti:

- AB 12/70 paksuus keskimäärin 30 mm ja joka kohdassa vähintään 20 mm
- AB 20/100 paksuus keskimäärin 40 mm ja joka kohdassa vähintään 30 mm

Päällysteen saumat ja saumausmassa esitetään aina suunnitelmassa.

Asfaltti- ja valuasfalttipäällysteen saumoja ovat:

- päällysteen kulutuskerroksen saumat (saumapinnat: asfaltti - asfaltti tai valuasfaltti - valuasfaltti)
- päällysteen ja reunapalkin välinen sauma (saumapinnat: päällyste - epoksiterava tai kumibitumi korkealla reunapalkilla ja päällyste - betoni matalalla reunapalkilla)
- päällysteen liikuntasaumalaitteen tukikaistan välinen sauma (saumapinnat: päällyste - kumibitumi)
- päällysteen ja jalkakäytäväkorokkeen välinen sauma (saumapinnat: päällyste - betoni tai kivi)
- päällysteen ja teräsosien, putkien yms. väliset saumat

Betonipäällysteen saumoja ovat:

- betonipäällysteen saumat (saumapinnat: betoni - betoni)
- betonipäällysteen ja reunapalkin sisäreunan välinen sauma (saumapinnat: betoni - kumibitumi tai epoksiterava)

Asfalttipäällysteeseen sauma tehdään reunapalkin reunoihin ja yli 8 m leveillä, kaksipuolisesti kaltevilla kansilla lisäksi sillan keskelle.

Valuasfalttipäällysteillä tehdään edellä mainitun lisäksi sauma sillan poikkisuunnassa tukien kohdille ja n. 5 m etäisyydelle tuen molemmin puolin sekä sen jälkeen n. 15 m välein.

Kumiasfaltti- ja kumivaluasfalttipäällysteillä tehdään saumat vain sillan reunoille, paitsi teräskantisilla tai puukantisilla silloilla, joissa tehdään myös poikkisaumat n. 20 m välein.

Betonipäälllysteellä saumat tehdään sillan reunoille. Muita saumoja ei tehdä, jos masana on teräskuitubetoni. Muulloin sauma tehdään myös sillan keskelle ja n. 5 m välein sillan poikkisuunnassa.

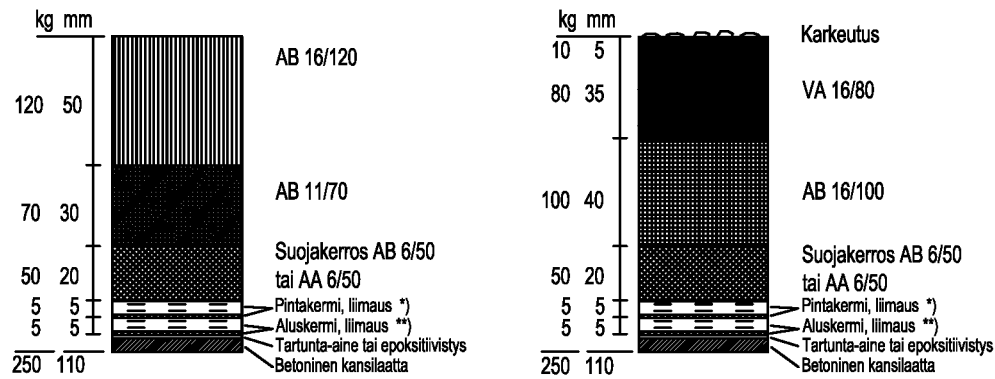
Suojabetonin ja betonipäälllysteen rasitusluokat ovat julkaisun Eurokoodin sovellusohje: Betonisillat taulukon 4.1 reunapalkkien (Ro22) mukaisia. Niiden lujuusluokka- ja pakkasenkestävyysvaatimukset ovat julkaisun InfraRYL kohtien 42320.1.2 ja 42332 mukaisia. Lisäksi on laatuvaatimuksissa edellytettävä, että betoni täyttää julkaisun Siltabetonien P-lukumenettely vähimmäissementtimäärää ja vesi-sementti-suhteen enimmäisarvoa koskevat vaatimukset.

H.11.6 Vaihtoehtoisen rakenneratkaisun esittäminen ja hyväksyminen rakennusvaiheessa

Jos urakoitsija esittää tarjouksessaan tai työn kuluessa suunnitelmassa esitetyn eristysratkaisun tilalle jotain muuta ratkaisua, on esitys käsiteltävä suunnitelman muutoksena ja asiassa meneteltävä kuten urakka-asiakirjoissa on määrätty muutostöistä. Jos urakoitsija esittää ST-suunnitelmassa tästä ohjeesta poikkeavia rakenneratkaisuja, on ratkaisuille saatava ensin Liikenneviraston hyväksyntä.

H.11.7 Täydentävä aineisto

H.11.7.1 Sillan pintarakenteet



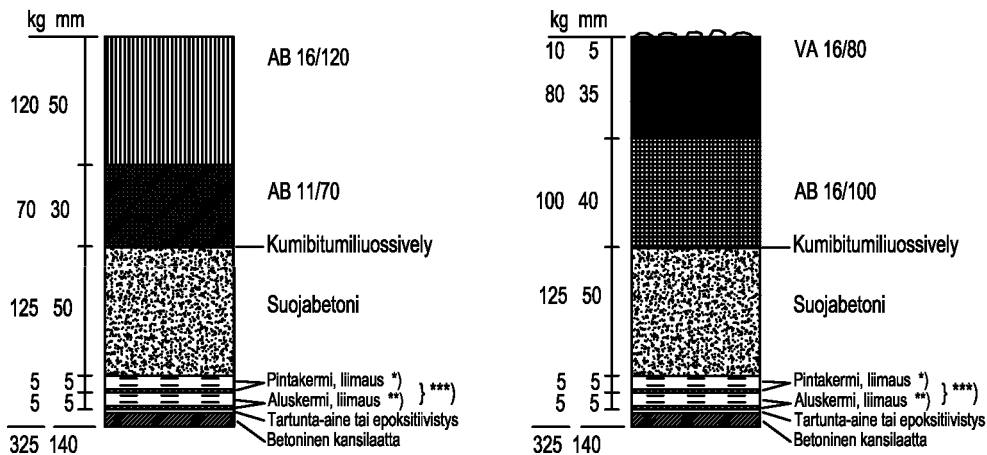
1a. Asfalttibetonipäälyste

1b. Valuasfalttipäälyste

*) tai kuumentamalla kiinnitettävä tai itsekiinnittyvä kermi

**) tai kuumentamalla kiinnitettävä tai itsekiinnittyvä kermi tai paineentasauskermi (jos suunnitelmassa on niin esitetty).

Kuva 1. Betonikantisen sillan ajorata. Kermieristeinen pintarakenne.



2a. Asfalttibetonipäälyste

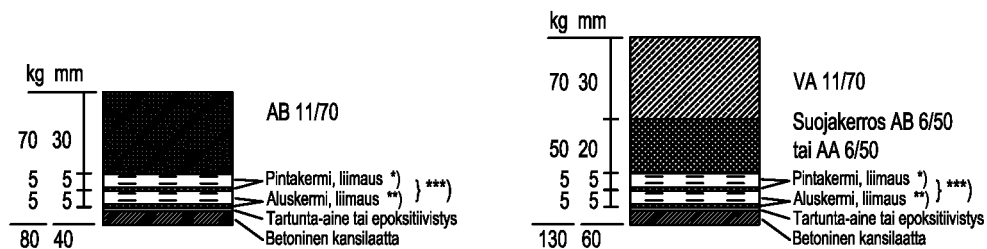
2b. Valuasfalttipäälyste

*) tai kuumentamalla kiinnitettävä tai itsekiinnittyvä kermi

**) tai kuumentamalla kiinnitettävä tai itsekiinnittyvä kermi

***) tai yksinkertainen kermieristys (jos suunnitelmassa on niin esitetty).

Kuva 2. Betonikantisen sillan ajorata. Kermieristeinen pintarakenne.



3a. Asfalttibetonipäälyste

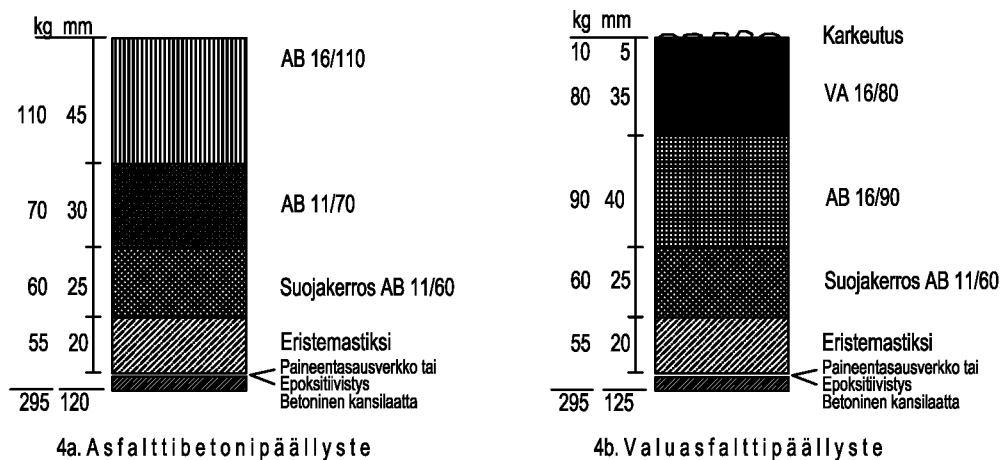
3b. Valuasfalttipäälyste

*) tai kuumentamalla kiinnitettävä tai itsekiinnittyvä kermi

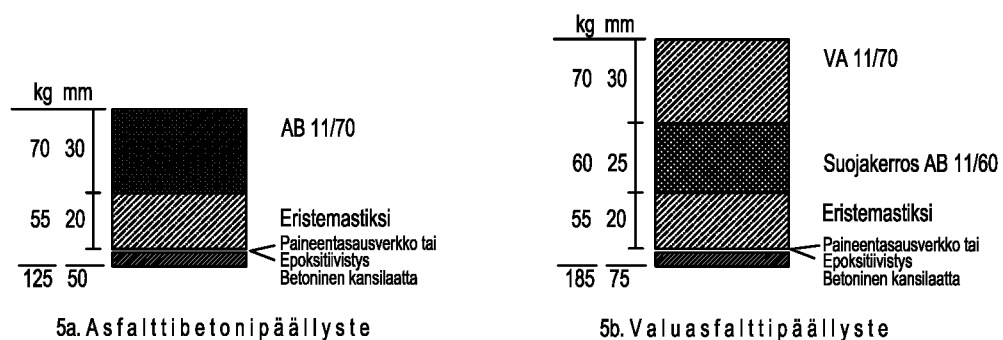
**) tai kuumentamalla kiinnitettävä tai itsekiinnittyvä kermi

***) tai yksinkertainen kermieristys (jos suunnitelmassa on niin esitetty).

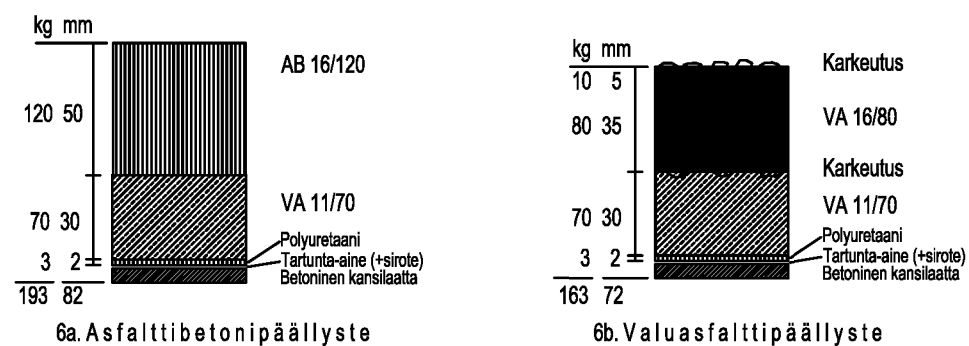
Kuva 3. Kevyen liikenteen betonikantiset sillat. Kermieristeinen pintarakenne.



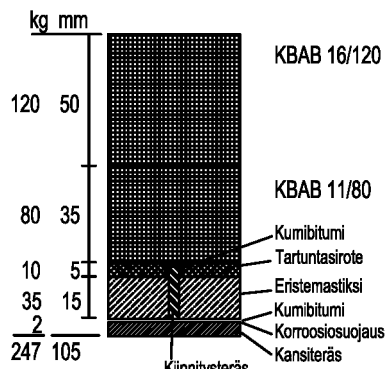
Kuva 4. Betonikantisen sillan ajorata. Mastiksieristeinen pintarakenne.



Kuva 5. Kevyen liikenteen betonikantiset sillat. Mastiksieristeinen pintarakenne.

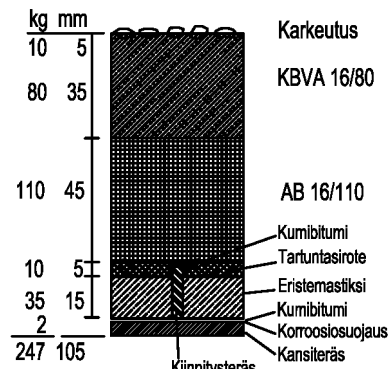


Kuva 6. Betonikantisen sillan ajorata. Polyuretaanieristeinen pintarakenne.

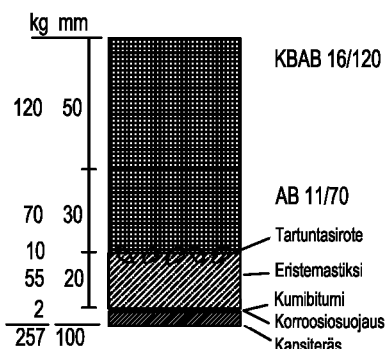


7a. Asfalttibetonipäällyste

Kuva 7. Kiinnitysteräksillä varustetun teräskantisen sillan ajoradan pintarakenne.

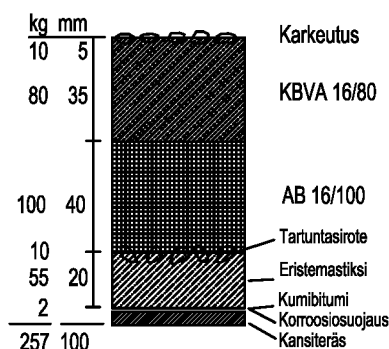


7b. Valuasfalttipäällyste

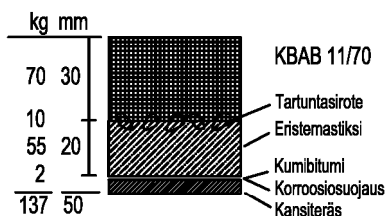


8a. Asfalttibetonipäällyste

Kuva 8. Teräskantisen sillan ajoradan pintarakenne ilman kiinnitysteräksiä.

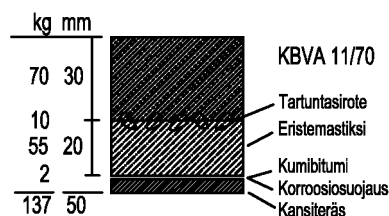


8b. Valuasfalttipäällyste

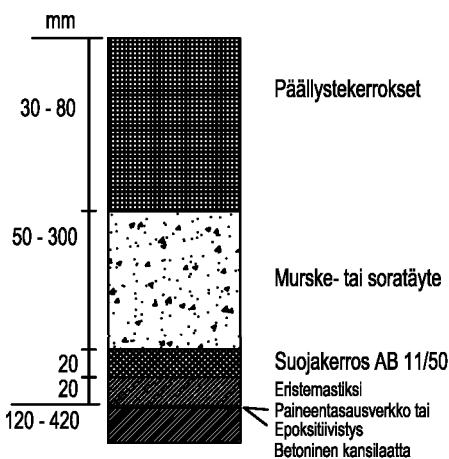


9a. Asfalttibetonipäällyste

Kuva 9. Teräskantisen kevyen liikenteen sillan pintarakenne ilman kiinnitysteräksiä.

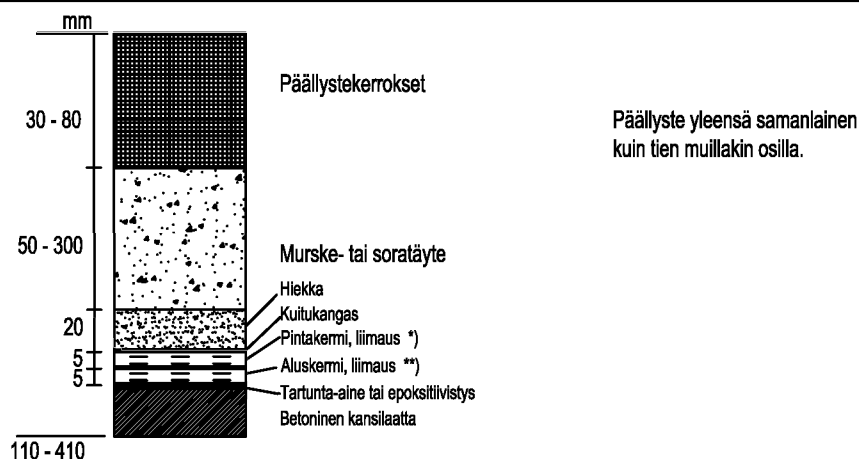


9b. Valuasfalttipäällyste



Kuva 10. Murske- tai soratäyteinen sillan mastiksieristeinen pintarakenne.

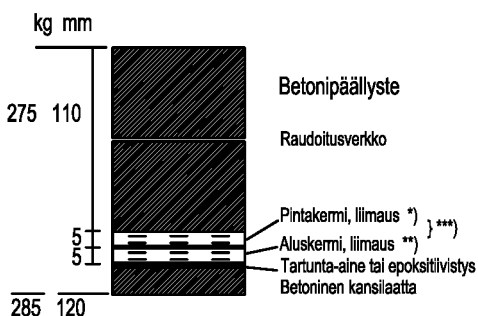
Päällyste yleensä samanlainen kuin tien muillakin osilla.



*) tai kuumentamalla kiinnitettävä tai itsekiinnittyvä kermi

**) tai kuumentamalla kiinnitettävä tai itsekiinnittyvä kermi tai paineentasaus kermi (jos suunnitelmassa niin on esitetty)

Kuva 11. Murske- tai soratäytteen siltan kermieristeinen pintarakenne.



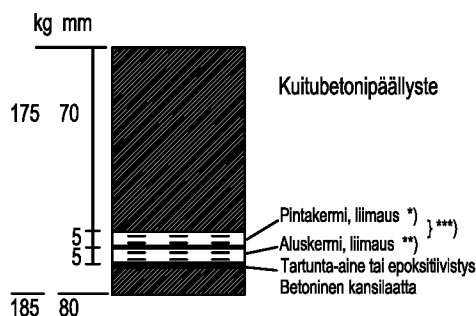
12a. Betonipäällyste

*) tai kuumentamalla kiinnitettävä tai itsekiinnittyvä kermi

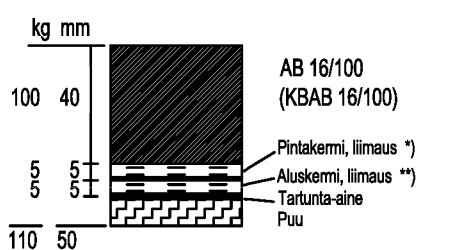
**) tai kuumentamalla kiinnitettävä tai itsekiinnittyvä kermi tai paineentasaus kermi (jos suunnitelmassa niin on esitetty).

***) tai yksinkertainen kermieristys (jos suunnitelmassa niin on esitetty).

Kuva 12. Betonipäällysteisen siltan kermieristeinen pintarakenne.

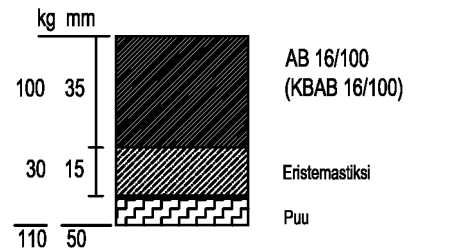


12b. Kuitubetonipäällyste



13a. Kermieristeinen pintarakenne

Kuva 13. Puukantisen siltan ajorata.



13b. Mastiksieristeinen pintarakenne



Kuva 14. Betoni-, teräs- tai puukantisen siltan ohutkerrospäällyste.

H.11.7.2 Kermien käyttötilan mukainen luokittelu

Kermieristysrakenteiden jako käyttöluokkiin

A. Ajoneuvoliikenteen sillat

KÄYTTÖLUOKKA 1.

(Kermieristysrakenne luokan 1 laatuvaatimukset täyttävä)

Sillat joiden ajoneuvoliikenne > 3000 autoa/vrk:

Kaksikerroskermieristys suojakerroksella.

Suojakerroksena asfalttibetoni AB 6/50 tai AA 5/50.

Maakantiset sillat:

Kaksikerroskermieristys suojakerroksella käyttöluokan 2 mukaisilla kermieristysrakenteilla. Suojakerroksena a) suodatinkangas ja hiekka tai b) suojabetoni.

KÄYTTÖLUOKKA 2

(Kermieristysrakenne vähintään luokan 2 laatuvaatimukset täyttävä)

Sillat joiden ajoneuvoliikenne < 3000 autoa/vrk:

Kaksikerroskermieristys suojakerroksella.

Suojakerroksena a) asfalttibetoni AB 5/50 tai AA 5/50 tai b) suojabetoni.

Maakantiset sillat:

Kaksikerroskermieristys suojakerroksella.

Suojakerroksena a) suodatinkangas ja hiekka tai b) suojabetoni.

KÄYTTÖLUOKKA 3

(Kermieristysrakenne luokan 3 laatuvaatimukset täyttävä)

Yksikerroskermieristyskermin on täytettävä lisäksi tuoteluokan TL 1 mukaiset pintakermin vaatimukset.

Sillat joiden ajoneuvoliikenne < 500 autoa/vrk:

Yksikerroskermieristys suojakerroksella.

Suojakerroksena suojabetoni.

Maakantiset sillat:

Yksikerroskermieristys suojakerroksella.

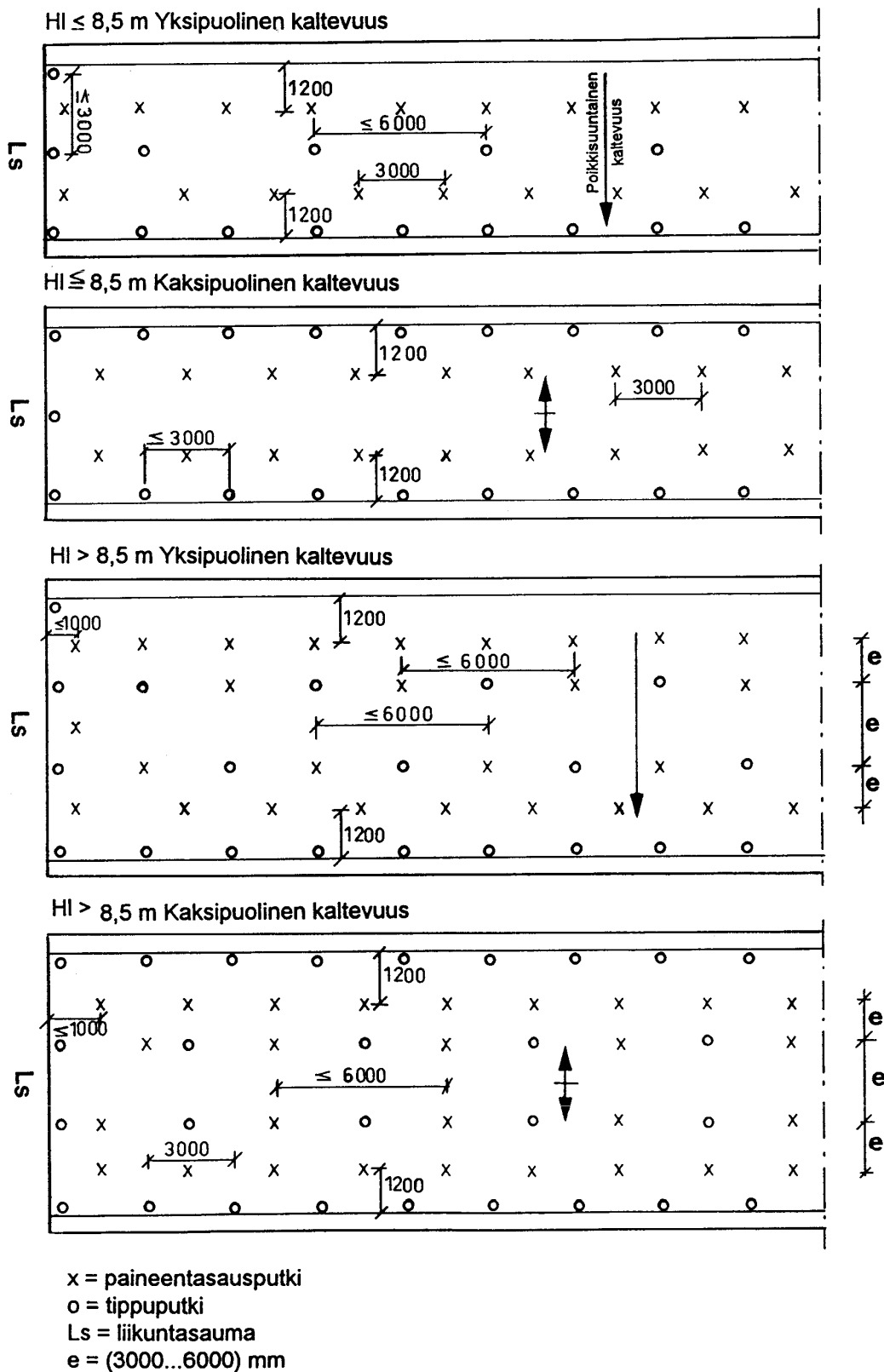
Suojakerroksena a) suodatinkangas ja hiekka tai b) suojabetoni.

B. Kevyen liikenteen sillat

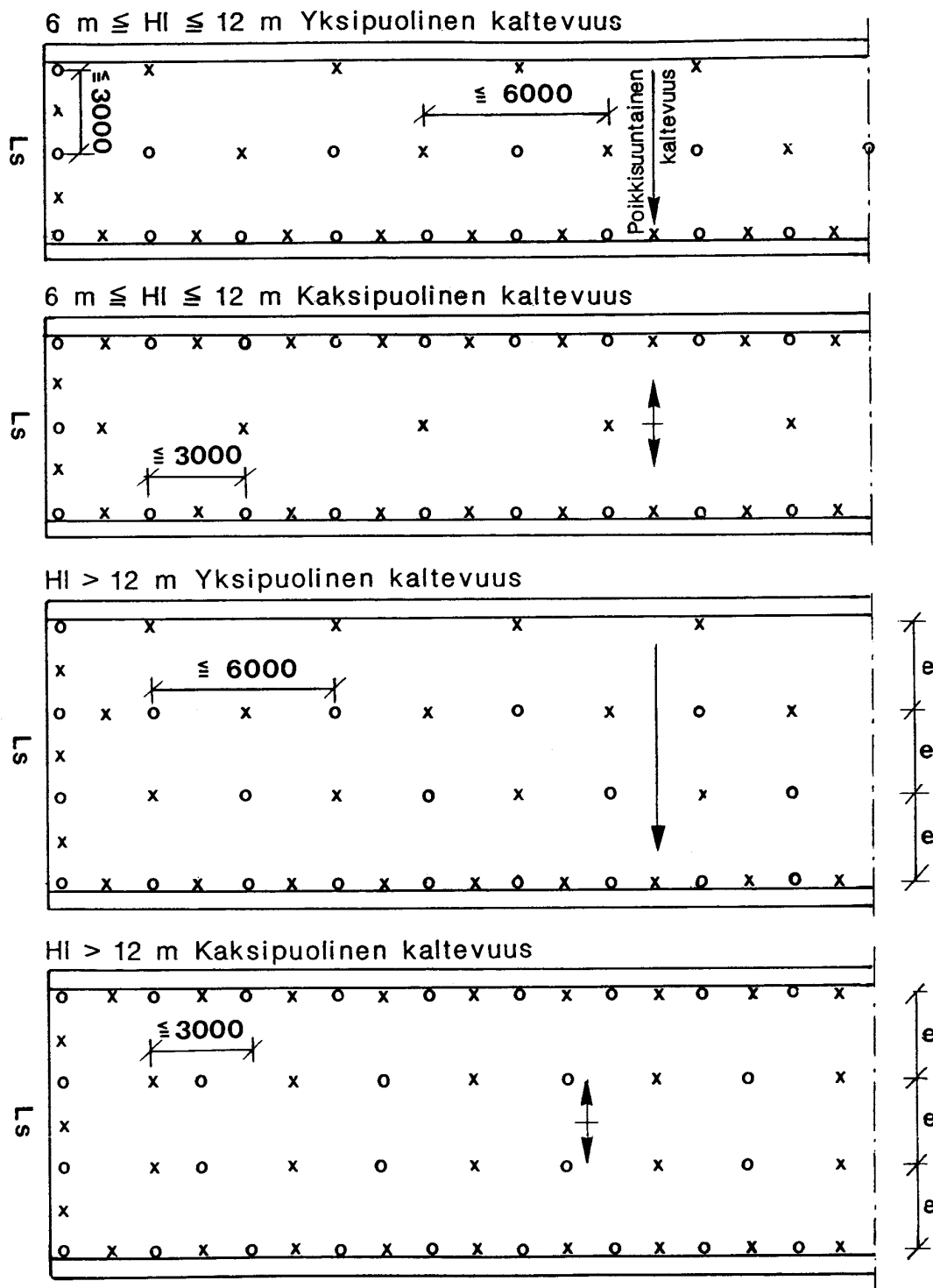
Kevyenliikenteen sillat:

Käyttöluokan 3 yksikerroskermieristys ilman suojakerrosta tai käyttöluokan 2 mukainen kaksikerroskermieristys ilman suojakerrosta.

H.11.7.3 Paineentasaus- ja tippuputkien sijoitus, kermieristys



H.11.7.4 Paineentasaus- ja tippuputkien sijoitus, mastiksieristys



x = paineentasausputki

o = tippuputki

Ls = liikuntasäama

H.11.8 Reunapalkin ja asfaltin välinen sauma

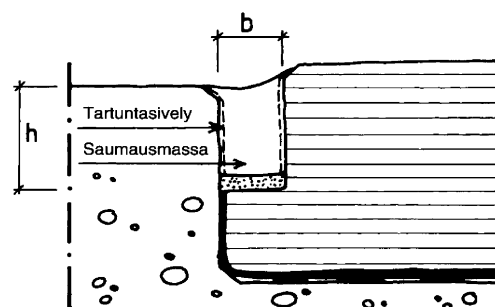
Siltaa päällystettäessä sauma tehdään mieluummin rimalla. Ura voidaan myös leikata. Päällyste ei saa ulottua reunapalkin päälle.

Sauman leveyden (b) ja korkeuden suhde on noin 1:1,5 (kuva 1), mutta mitoitus on tarkistettava tuotekohtaisesta ohjeesta.

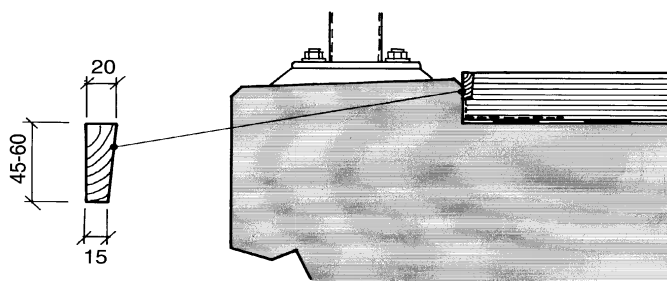
Jos sauma tehdään muotin avulla, käytetään alaspäin kapenevaa rimaa (kuva 2), jonka pintaan sivellään muottiöljy. Muottiöljyn sijasta rimoja voidaan liottaa vedessä vuorokauden ajan ennen päällystämistä, jolloin kuuma asfaltti kuivattaa riman, ja se on helposti poistettavissa. Sauman muotoon työstetty vanerisoiro on myös todettu käyttökelpoiseksi. Muotti poistetaan heti päällysteen jyräyksen jälkeen.

Valuasfaltilla päällystettäessä sauma tehdään levittimeen kiinnitettävällä urantekolistalla. Valuasfaltilla päällystettäessä voidaan käyttää myös betonipintaan liimattavaa kumibitumista saumausnauhaa. Betonipintaan sivellään tartunta-aine nauhan valmistajan ohjeen mukaan. Nauha liimataan välittömästi ennen päällystystöitä kuumentamalla nauhan tartuntapintaa kaasuliekillä.

Koska päällysteen reuna tulee hieman matalaa reunapalkkia korkeammalle, päällysteen särmää on pyrittävä viistämään, jotta se ei murru. Saumaus ei ilman erityistöitä tue päällysteen reunaa, vaan jää alempana olevan betonipinnan tasoon.



Kuva H.3 Sauman rakenne ja mitat



Kuva H.4 Sauman muotti

H.12 Muut lisäohjeet

H.12.1 Yleistä

Jos sillan päällysrakenne tukeutuu vapaasti seisoviin yksittäisiin suurpaaluihin tai suurpaalun jatkeena oleviin pilareihin, joiden sivuttaisvakavuus on ympäröivän maan sivuvastuksen varassa, on suurpaalut tai pilarit tuettava vaakasuuntaan kansirakenteeseen jäykällä kiinnityksellä, kiinteällä laakerilla tai liikerajaajalla.

Maasilloissa pohjaveden pinnan tasossa oleva jäänyt maa voi estää tukien vaakaliikkeen. Rakenne on tällöin mitoitettava myös vaakaliikkeen estäville kuormille. Samoin mitoitetaan myös vesistösiltojen välituet.

Sovellettaessa tyyppisiltojen tyyppipiirustuksia vinopäisiin siltoihin on aina varmistettava, että alusrakenne pystyy ottamaan päällysrakenteen päädyn ja penkereen vuorovaikutuksesta syntyvät voimat.

Siipimuurien alareuna sijoitetaan vähintään 0,5 m:ä alemmaksi kuin maan-pinta luis-kassa kyseisellä kohdalla.

Liikuntasaumalaitteetonta siltaa, jossa päällysrakenne jatkuu lippana maatuen otsa-muurin päälle, ei käytetä uudiskohteissa.

Sillan rakennusvuosi esitetään vesistö- ja risteyssilloissa kaiteeseen kiinnitettävällä metallisella vuosilaatalla. Merkittäviin alikulkukäytäviin tehdään valun yhteydessä vuosiluku. Ohjeita sijoituksesta siltaan on tyyppipiirustuksessa R15/DM 4-13.

Siltojen maatukien etuluisiin rakennetaan vähintään 0,5 m levyiset huoltotasanteet ja vesistösiltoihin 0,5 m levyiset jätkänpolut. Korkeissa penkereissä harkitaan erikseen välitasanteiden rakentamista.

Teräksisillä palkkisilloilla käytetään nousuesteitä estämään palkin alalaipan päälle nousemisen.

H.12.2 Rautatiealue

Rautatiealueelle rakennettaville pysyville tai tilapäisille rakenteille (sillat, tukimuurit, telineet ja työnaikaiset rakenteet) laaditaan maadoitussuunnitelma, jonka Liikennevirasto tai tämän valtuuttama organisaatio hyväksyy.

Sähköistetyin radan ylittävien tai sen lähellä sijaitsevien siltojen tai muiden rakenteiden reunoihin suunnitellaan kosketussuojaseinämät tai -lipat.

H.12.3 Ulokesillat

Ulokesilloja, joissa ulokkeen pituus on $> 2,5$ m, ei sallita moottoriteillä, moottoriliikenneteillä eikä valta- ja kantateillä. Ulokesiltojen päädyn taipuma (kokonaisliike) suunnittelukuormasta rajoitetaan arvoon ± 10 mm. Ulokkeen pituudeksi otetaan tien keskilinjan suuntainen mitta tuelta sillan päätyyn (siirtymälaatan sillan puoleiseen reunaan).

Ellei laattasillan kuorman jakautumista haluta tarkemmin selvittää, voidaan laatan jäykkyys laskea todellisten mittojen mukaan 8,5 metrin hyötyleveyteen asti. Leveämpien laattojen leveydestä otetaan jäykkyyttä laskettaessa huomioon 8,5 m.

Ulokkeen tulee kestää myös liikennekuorma otaksumalla, että ulokkeen pääty tukeutuu penkereeseen, mille otaksumalle tarkistetaan ulokkeen alapinnan kestävyys.

H.12.4 Sillan kuivatus

Sillan kuivatuslaitteet suunnitellaan Siltojen korjausohjeen (SILKO 1.601) mukaan.

Ellei hankekohtaisesti muuta sovita, suunnitellaan sillan päiden kuivatus siten, että pintavedet kootaan pintavesikaivoon, josta vesi johdetaan umpiputkessa sivuojaan. Suojattavilla pohjavesialueilla tai muilla vastaavasti suojeltavilla alueilla on pintavesien käsittely suunniteltava hankekohtaisesti suojelutarve huomioonottaen ”Siltojen korjausohjeen” 1.601 mukaisesti.

Maatukien laakeritasoille kertyvät vedet kerätään kouruun laakeritason takareunaan ja johdetaan putkella maatuen sisällä maatuen eteen tai sivulle siten, että putki päättyy luiskän yläpuolella. Putken koko on > 50 mm.

Mattosalaojia ei käytetä sillan pintarakenteen salaojituksessa ajoratojen kohdalla.

Pintavesi- ja tippuputket on sijoitettava alla olevan ajoradan ulkopuolelle.

H.12.5 Varausputket

Silloissa varaudutaan tarvittavien putkien ja kaapeleiden vientiin, joista on hankekohtaiset tiedot. Betonin kanssa kosketuksiin joutuvat varausputket eivät saa olla alumiinia. Myöhemmin mahdollisesti suoritettavaa kaapelointia varten varaudutaan seuraavasti, ellei hankekohtaisesti ole tietoa suuremmasta määrästä:

Massiivisiin betonikansiin sijoitetaan kaksi varausputkea läpimitaltaan 110 mm, yksi kannen kummallekin reunalle.

Betonisiin laattapalkki- ja kotelopalkkisiltoihin ja betonikantisiin teräspalkkisiltoihin sijoitetaan kaksi varausputkea läpimitaltaan 110 mm sillan päihin. Päälysrakenteen osalle vastaaville kohdille sijoitetaan sisäkierrartunnat tarvittavin välein siten, että kaapelihylly voidaan niihin kiinnittää. Myös poikkipalkeissa ja muissa rakenneosissa varaudutaan kaapelihyllyn rakentamiseen.

Kaksi- tai useampipalkkisissa silloissa käytetään aina kaapelihyllyä palkkien välissä.

Varausputket on sijoitettava sillan päissä lähtökohtaisesti siirtymälaatan alapuolelle ja putket johdetaan sähkökaivoon piir. R15/DV-4 mukaisesti.

H.12.6 Siirtymälaatat

Kevyen liikenteen silloissa ja yksityisten teiden silloissa voidaan käyttää 3m pitkää siirtymälaattaa. Muissa silloissa siirtymälaatan pituus on 5m. Siirtymälaatan päälle varataan tilaa tierakenteen sitomattomille ja sidotuille kerroksille sekä päällysteelle. Päälysrakenneluokassa 1 näiden paksuus on 400 mm käytettäessä sitomatonta kantavaa kerrosta ja 600 mm käytettäessä sidottua kantavaa kerrosta (esim. maabeto-

nia). Päällysrakenneluokassa 3 vähimmäiskerrospaksuus siirtymälaatan päällä on 300 mm. Siirtymälaatan pinnan etäisyys tien pinnasta saa olla enintään 700 mm.

Tässä liitteessä on esitetty tiesiltöjen suunnittelussa tarvittavat kuormitusyhdistelyt murto- ja käyttörajatiloissa.

- Kuormitusyhdistelyjä muodostettaessa on otettu huomioon kaikki standardin EN 1990 muutoksen A1 (EN 1990/A1 Liite A2) ja sen kansallisen liitteen vaatimukset ja erityisehdot.
 - o Kuormien yhdistelykerrointaulukko A.2.1(FI)
 - o Murtorajatilan kuormitusyhdistelytaulukot A2.4(A) (FI), A2.4(B) (FI)
 - o Käyttörajatilan kuormitusyhdistelytaulukko A2.6
 - o Onnettomuuskuormitusyhdistelytaulukko A2.5
 - o Standardissa esitetyt vaatimukset ja rajaukset (mm. kappaleet A2.2.2...A2.2.4)
- Kuormitusyhdistelyt on muodostettu vuorottelemalla kutakin muuttuvaa kuormaa määräävänä muuttuvana kuormana, ainoastaan määräävimät kuormitusyhdistelyt tulee tarkastaa.

TAULUKKOJEN MERKINNÄT	
gr1...gr5	Kuormaryhmä
F _{wk}	Tuulikuorma
T _k	Lämpötilakuorma
BF	Laakerikitka
IL	Jääkuorma
S	Tukipainuma
TLEP	Liikennekuorman maanpaine
1...	Kuormitusyhdistelyn numero (murtorajatila)
1a...	Kuormitusyhdistelmän juokseva numero ('a'= käyttörajatilan ominaisyhdistelmä)
1b...	Kuormitusyhdistelmän juokseva numero ('b'= käyttörajatilan tavallinen yhdistelmä)
1c	Kuormitusyhdistelmän numero ('c'= käyttörajatilan pitkäaikaisyhdistelmä)

Taulukko 1: Tiesillat – murtorajatila:

TIESILLAT - MURTORAJATILA - Set A: A2.4 (A), Set B: A2.4 (B)											
KUORMITUSYHDISTELYN MÄÄRÄVÄ MUUTTUVA KUORMA (6.10b)											
YHDISTELYKAAVAT MRT_1 - MRT_11											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0	gr1a	gr1b	gr2	gr3	gr4	gr5	F _{vk}	L _k	BF	IL	TLEP
6.10a	LM1	LM2	LM1+vaaka	kevyt	ruuhka	LM3	Tuuli	Lämpötila	Laakerikittika	Jääkuorma	Lk-maarp.
-	-	-	-	-	-	1,1 / 0,9	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	1,1 / 0,9 ³⁾	-	-	-	-	-
1,35	-	-	-	-	-	1,15 / 0,9	-	-	-	-	-
1,1 / 0,9 ⁴⁾	-	-	-	-	-	1,1 / 0,9 ⁴⁾	-	-	-	-	-
SET A (EQU)	Omapaino	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Esijännitys	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Omapaino	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Esijännitys	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Telit	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SET B (STR/EQU)	gr1a (LM1)	1,35	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	UDL	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Kevyt	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	gr1b (LM2)	-	1,35	-	-	-	-	-	-	-	-
	gr2 (LM1+Vaaka)	-	-	1,35	-	-	-	-	-	-	-
SET A (EQU) & SET B (STR/EQU)	gr3 (Kevyt)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	gr4 (Ruuhka)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	gr5 (LM3)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	F _{vk1}	-	-	-	-	-	1,35	-	-	-	-
	T _{k2}	1,5 x 0,6	-	-	-	-	-	1,5 x 0,6	1,5 x 0,6	1,5 x 0,6	1,5 x 0,6
	BF	1,5 x 0,6	-	1,5 x 0,6	1,5 x 0,6	1,5 x 0,6	-	1,5 x 0,6	1,5 x 0,6	1,5 x 0,6	1,5 x 0,6
	IL	1,5 x 0,6	-	1,5 x 0,7	1,5 x 0,7	1,5 x 0,7	-	1,5 x 0,7	1,5 x 0,7	1,5 x 0,7	1,5 x 0,7
	S 2)	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
TLEP	1,5 x 0,75	1,5 x 0,75	1,5 x 0,75	1,5 x 0,75	1,5 x 0,75	-	1,5 x 0,75	1,5 x 0,75	1,5 x 0,75	1,5	
1) Tuulikuormasta huomio: Tuulikuorma lasketaan erikseen siltien tapaukselle ja tapaukselle jossa se esiintyy yhtä aikaa liikennekuorman kanssa											
2) Lämpötilakuorma/tuulipainuma voidaan jättää pois murtorajatilayhdistelystä mikäli rakenteella on riittävästi muodonmuutoskykyä (ks. materiaali-ohjeet)											
3) stabiilitetti 1,30 [EN 1992-1-1: 2.4.2.2 (2) Huom1)]											
4) paikalliset vaikutukset 1,20 [EN 1992-1-1: 2.4.2.2 (3) Huom1)]											
- passiivipinainen yhdistelykertoimen aiheuttavan kuorman mukaan ja varmuusluku pysyvän kuorman mukaan											
- vedenpinnan aseman vaikutukset yhdistelään pysyvän kuorman kanssa siten että saavutetaan määräävä yhdistely											
											</

Taulukko 2: Tiesillat – käyttörajatilat ja onnettomuusyhdistelmä:

TIESILLAT - KÄYTTÖRAJATILA - Ominaisyyshdistelmä (6.14), Tavallinen yhdistelmä (6.15), Pitkäaikaisyhdistelmä (6.16)																					
(6.14)										(6.15)	(6.16)										
KUORMITUSYHDISTELYN MAARAAVA MUUTTUVA KUORMA																					
KRT_1a - KRT_11a										KRT_1b - KRT_11b											
1a	2a	3a	4a	5a	6a	7a	8a	9a	10a	11a	1b	2b	5b	7b	8b	9b	10b	11b	KRT_1c 1c		
gr1a	gr1b	gr2	gr3	gr4	gr5	F _{wk}	T _k	BF	IL	TLEP	gr1a	gr1b	gr4	F _{wk}	T	BF	IL	TLEP	-		
Omapaino	1										1										1
Esiännitys	1										1										1
Telit	-	-	-	-	-	-	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	-	-	-	-	-	-	-	-		
UDL	-	-	-	-	-	-	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	-	-	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3		
Kevyt	-	-	-	-	-	-	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	-	-	-	-	-	-	-		
gr1b	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,75	-	-	-	-	-	-		
gr2	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
gr3	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
gr4	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,75	-	-	-	-	-		
gr5	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
F _{wk 1)}	0,6	-	-	-	-	-	1	0,6	0,6	0,6	0,6	-	-	-	0,2	-	-	-	-		
T _k	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	1	0,6	0,6	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5		
BF	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	1	0,6	0,6	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,4	0,4	0,4		
IL	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	1	0,7	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,5	0,2	0,2		
S ₂₎	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
TLEP	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	1	-	-	-	-	-	-	-	1	-		

1) Tuulikuormasta huomio: Tuulikuorma lasketaan erikseen tyhjän sillan tapaukselle ja tapaukselle jossa se esiintyy yhtä aikaa liikennekuorman kanssa.

2) tukipainuma ja vedenpinnan asema yhdistellään pyysvään kuorman kanssa siten että saavutetaan määräävä yhdistely

- passiivipaineen yhdistelykerroin aiheuttavan kuorman mukaan

3) Onnettomuusyhdistelmässä liikennekuormakaavio LM1 otetaan huomioon (tavallisella arvoillaan) vain yhdellä kaistalla

= Määräävä muuttuva kuorma

Tässä liitteessä on esitetty rautateiden siltojen suunnittelussa tarvittavat kuormitusyhdistelyt murto- ja käyttörajatiloissa.

- Kuormitusyhdistelyjä muodostettaessa on otettu huomioon kaikki standardin EN 1990 muutoksen A1 (EN 1990/A1 Liite A2) ja sen kansallisen liitteen vaatimukset ja erityisehdot.
 - Kuormien yhdistelykerrointaulukko A.2.3 ja siihen kansallisessa liitteessä annettu lisäys
 - Murtorajatilan kuormitusyhdistelytaulukot A2.4(A) (FI), A2.4(B) (FI)
 - Käyttörajatilan kuormitusyhdistelytaulukko A2.6
 - Onnettomuuskuormitusyhdistelytaulukko A2.5
 - Standardissa esitetyt vaatimukset ja rajaukset (mm. kappaleet A2.2.1....A2.2.5)
- Kuormitusyhdistelyt on muodostettu vuorottelemalla kutakin muuttuvaa kuormaa määräävänä muuttuvana kuormana, ainoastaan määräävimmit kuormitusyhdistelyt tulee tarkastaa.
- Raideliikennekuormina ei käytetä standardissa EN 1991-2 6.8.2 taulukossa 6.11 määritettyjä kuormaryhmiä. Sen sijaan raideliikennekuormitusta pidetään yksittäisenä usean suuntakomponentin käsittävänä muuttuvana kuormana, jonka yksittäisinä raideliikenteestä aiheutuvina kuormakomponentteina pidetään suurinta epäedullisinta ja pienintä edullista arvoa.

TAULUKKOJEN MERKINNÄT	
LM71 / SW/o	Ratasiltojen yleiset kuormakaaviot
ULT	Kuormakaavio ”kuormittamaton juna”
T&B	Vedosta ja jarrutuksesta aiheutuvat kuormat
CF	Keskipakoiskuorma
NF	Sivusysäyskuorma
AE	Junien aiheuttamat aerodynaamiset kuormat
ML	Yleisöltä suljettujen kulkukäytävien kuormat
F _{wk}	Tuulikuorma
Tk	Lämpötilakuorma
BF	Laakerikitka
IL	Jääkuorma
S	Tukipainuma
TLEP	Liikennekuorman maanpaine
1...	Kuormitusyhdistelyn numero (murtorajatila)
1a...	Kuormitusyhdistelmän juokseva numero ('a' = käyttörajatilan ominaisyhdistelmä)
1b...	Kuormitusyhdistelmän juokseva numero ('b' = käyttörajatilan tavallinen yhdistelmä)
1c	Kuormitusyhdistelmän numero ('c' = käyttörajatilan pitkäaikaisyhdistelmä)

Taulukko 1: Ratasillat – murtorajatila:

RAUTATIESILLAT - MURTORAJATILA - Set A: A2.4 (A), Set B: A2.4 (B)									
SET A (EQU)	Omapaino	0	1	2	3	4	5	6	7
	Esiännitys								
	ESJÄNNITYS								
SET B (STRGEO)	Omapaino	1,35							
	Esiännitys	1,1/0,9 ⁴⁾							
	ESJÄNNITYS								
SET A (EQU) & SET B (STRGEO)	LM71 / SW10 ³⁾		1,45	1,45 x 0,8	1,45 x 0,8	1,45 x 0,8	-	1,45 x 0,8	1,45 x 0,8
	ULT		-	-	-	-	1,45 x 1	-	-
	T&B ^{9)/1)}		1,45	1,45 x 0,8	1,45 x 0,8	1,45 x 0,8	-	1,45 x 0,8	1,45 x 0,8
	CF ^{9)/1)}		1,45	1,45 x 0,8	1,45 x 0,8	1,45 x 0,8	1,45 x 1	1,45 x 0,8	1,45 x 0,8
	NF ^{9)/1)}		1,45	1,45 x 0,8	1,45 x 0,8	1,45 x 0,8	1,45 x 0,8	1,45 x 0,8	1,45 x 0,8
	AE		1,5 x 0,8	1,5	1,5 x 0,8	1,5 x 0,8	1,5 x 0,8	1,5 x 0,8	1,5 x 0,8
	ML		1,5 x 0,8	1,5 x 0,8	1,5	1,5 x 0,8	1,5 x 0,8	1,5 x 0,8	1,5 x 0,8
	Fwk ¹⁾		1,5 x 0,75	1,5 x 0,75	1,5 x 0,75	1,5	1,5	1,5 x 0,75	1,5 x 0,75
	Tk ²⁾		1,5 x 0,6	1,5 x 0,6	1,5 x 0,6	1,5 x 0,6	1,5 x 0,6	1,5 x 0,6	1,5 x 0,6
	BF		1,5 x 0,6	1,5 x 0,6	1,5 x 0,6	1,5 x 0,6	1,5 x 0,6	1,5 x 0,6	1,5 x 0,6
	IL		1,5 x 0,7	1,5 x 0,7	1,5 x 0,7	1,5 x 0,7	1,5 x 0,7	1,5 x 0,7	1,5 x 0,7
	S ²⁾	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
SET A (EQU) & SET B (STRGEO)	TLEP		1,5 x 0,8	1,5 x 0,8	1,5 x 0,8	1,5 x 0,8	1,5 x 0,8	1,5 x 0,8	1,5

1) Tuuliakuomasta huomio: Tuuliakuoma lasketaan erikseen tyhjään sillan tapaukselle ja tapaukselle jossa se esiintyy yhtä aikaa liikennekuorman kanssa.

2) Lämpötilakuorma/tukipainuma voidaan jättää pois murtorajatiyhdistelystä mikäli rakenteella on riittävästi muodonmuutoskykyä (ks. materiaalihoitaiset sovellusohjeet).

3) stabiiliteetti 1,30 [EN 1992-1-1: 2.4.2.2 (2) Huom)]

4) paikalliset vaikutukset 1,20 [EN 1992-1-1: 2.4.2.2 (3) Huom)]

5) Kuormitettaessa kolmea tai useampaa raidetta, voidaan kuormat kertoa kertomalla 0,75

6) Tarkasteltaessa liikenteen suurimpien vaakakuormien epäedullisia vaikutuksia, täytyy vaikutuksiltaan edullinen pystykuorman osa kertoa kertoimella 0,5

7) Kuorma yhdistellään pystysuuntaisen liikennekuorman kanssa siten, että yhdistelmässä on aina mukana joko T&B tai CF ja NF puolella arvoltaan (kuormaryhmät / SFS-EN 1991-2 taulukko 6.1)

8) Yhdistelmä otetaan huomioon vain tarkistettaessa rakenteen stabiloituja jäykkänä kappaleena

- passiivipaineen yhdistelykerroin aiheuttavan kuorman mukaan ja varmuusluku pysyvän kuorman mukaan

- vedenpinnan aseman vaikutukset yhdistellään pysyvän kuorman kanssa siten että saavutetaan määräävä yhdistely

= Määräävä muutuva kuorma

Taulukko 2: Ratasillat – käyttörajatilat ja onnettomuusyhdistelmät:

RAUTATIESILLAT - KÄYTTÖRAJATILA - Ominaisyhdistelmä (6.14), Tavallinen yhdistelmä (6.15), Pitkätaikaisyhdistelmä (6.16)													
(6.15)													
KUORMITUSYHDISTELYN MÄÄRÄVÄ MUUTTUVA KUORMA													
YHDISTELYKAAVAT KRT_1a - KRT_9a							YHDISTELYKAAVAT KRT_1b - KRT_9b						
1a	2a	3a	4a	6a	7a	9a	1b	2b	3b	4b	6b	7b	9b
LM71 / SW10	AE	ML	Fwk	Tk	BF	IL	LM71 / SW10	AE	ML	Fwk	Tk	BF	TLEP
1	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	6)	-	-	-	-	-	1c
Onapaino	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	1	-	-	-	-	-	1
Esiännitys	1	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	1	-	-	-	-	-	1
LM71 / SW10 ^{3),4)}	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	6)	-	-	-	-	-	0,8
T&B ^{3),5)}	1	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	6)	-	-	-	-	-	0,8
CF ^{3),6)}	1	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	6)	-	-	-	-	-	0,8
NF ^{3),6)}	1	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	6)	-	-	-	-	-	0,8
AE	0,8	1	0,8	0,8	0,8	0,8	-	0,5	-	-	-	-	-
ML	0,8	0,8	1	0,8	0,8	0,8	-	-	0,5	-	-	-	-
Fwk ¹⁾	0,75	0,75	0,75	1	0,75	0,75	-	-	-	0,5	-	-	-
Tk	0,6	0,6	0,6	0,6	1	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
BF	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
IL	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
S ²⁾	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	-	-	-	-	-	-	-
TLEP	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	-	-	-	-	-	-	-

1) Tuulikuormasta huomio: Tuulikuorma lasketaan erikseen tyhjän sillan tapaukselle ja tapaukselle, jossa se esiintyy yhtä aikaa liikennekuorman kanssa.

2) tukipainuma ja vedenpinnan asema yhdistellään pysyvän kuorman kanssa siten että saavutetaan määräävä yhdistely

3) Kuormiteltaessa kolmea tai useampaa raidetta, voidaan kuormat kertoa kertoimella 0,75

4) Tarkasteltaessa liikenteen suurimpien vaakakuormien epäedullisia vaikutuksia, täytyy vaikutuksiltaan edullinen pystykuorman osa kertoa kertoimella 0,5

5) Kuorma yhdistellään pystysuuntaisen liikennekuorman kanssa siten, että yhdistelmässä on aina mukana joko T&B tai CF ja NF puolella arvoillaan (kuomaryhmit / SFS-EN 1991-2 taulukko 6.11)

6) Kertoimien riippuu kuormitettujen raiteiden määrästä i seuraavasti: 0,8 kun i=1, 0,7 kun i=2 ja 0,6 kun i≥3

- passiivipaineen yhdistelykerroin aiheuttavan kuorman mukaan

Määrävä muuttuva kuorma

RAUTATIESILLAT		
Onnettomuusyhdistelmät (6.11)		
	Suistuminen sillalla	Törmäys sillan alapuolella
Ad	1	1
Onapaino G	1	1
Esiännitys P	1	1
LM71 / SW10 ^{3),4)}	0,8	6)
T&B ^{3),5)}	0,8	6)
CF ^{3),6)}	0,8	6)
NF ^{3),6)}	0,8	6)
AE	-	-
ML	-	-
Fwk ¹⁾	-	-
Tk	0,5	0,5
BF	0,4	0,4
IL	0,2	0,2
S ²⁾	-	-
TLEP	-	-

Tässä liitteessä on esitetty kevyen liikenteen siltöjen suunnittelussa tarvittavat kuormitusyhdistelyt murto- ja käyttörajoitiloissa.

- Kuormitusyhdistelyjä muodostettaessa on otettu huomioon kaikki standardin EN 1990 muutoksen A1 (EN 1990/A1 Liite A2) ja sen kansallisen liitteen vaatimukset ja erityisehdot.
 - Kuormien yhdistelykerrointaulukko A2.2(FI)
 - Murtorajatilän kuormitusyhdistelytaulukot A2.4(A) (FI), A2.4(B) (FI)
 - Käyttörajoitilan kuormitusyhdistelytaulukko A2.6
 - Onnettomuuskuormitusyhdistelytaulukko A2.5
 - Standardissa esitetyt vaatimukset ja rajoitukset (mm. kappaleet A2.2.2...A2.2.4)
- Kuormitusyhdistelyt on muodostettu vuorottelemalla kutakin muuttuvaa kuormaa määräävänä muuttuvana kuormana, ainoastaan määräävimät kuormitusyhdistelyt tulee tarkastaa.

TAULUKKOJEN MERKINNÄT	
gr1 ja gr2	Kuormaryhmät
F_{wk}	Tuulikuorma
T_k	Lämpötilakuorma
BF	Laakerikitka
IL	Jääkuorma
S	Tukipainuma
TLEP	Liikennekuorman maanpaine
1...	Kuormitusyhdistelyn numero (murtorajatila)
1a...	Kuormitusyhdistelmän juokseva numero ('a' = käyttörajoitilan ominaisyhdistelmä)
1b...	Kuormitusyhdistelmän juokseva numero ('b' = käyttörajoitilan tavallinen yhdistelmä)
1c	Kuormitusyhdistelmän numero ('c' = käyttörajoitilan pitkäaikaisyhdistelmä)

Taulukko 1: Kevyen liikenteen sillat – murtorajatila:

KEVYEN LIIKENTEEN SILLAT - MURTORAJATILA - Set A: A2.4 (A), Set B: A2.4 (B)									
KUORMITUSYHDISTELYN MÄÄRÄÄVÄ MUUTTUVA KUORMA (6.10b)									
YHDISTELYKAAVAT MRT_1 - MRT_7									
0	1	2	3	4	5	6	7		
6.10a	gr1	gr2	F _{wk}	T _k	BF	IL	TLEP		
-	1,1 / 0,9								
-	1,1 / 0,9 ²⁾								
1,35	1,15 / 0,9								
1,1 / 0,9 ³⁾	1,1 / 0,9 ³⁾								
SET A (EQU) SET B (STR/EQU) & SET B (STR/EQU)	Omapaino	-	-	1,35 x 0,4	-	-	-	-	-
	Esijännitys	-	-	-	-	-	-	-	-
	gr1	1,35	1,5	0,3	1,5 x 0,3	1,5 x 0,3	1,5 x 0,3	1,5 x 0,3	1,5 x 0,3
	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	gr2	-	1,35	-	-	-	-	-	-
	F _{wk}	-	-	-	-	-	-	-	-
	T _k 1)	-	1,5 x 0,6	1,5 x 0,6	1,5 x 0,6	1,5 x 0,6	1,5 x 0,6	1,5 x 0,6	1,5 x 0,6
	BF	-	1,5 x 0,6	1,5 x 0,6	1,5 x 0,6	1,5 x 0,6	1,5 x 0,6	1,5 x 0,6	1,5 x 0,6
	IL	-	1,5 x 0,7	1,5 x 0,7	1,5 x 0,7	1,5 x 0,7	1,5 x 0,7	1,5 x 0,7	1,5 x 0,7
	S 1)	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
SET A (EQU) & SET B (STR/EQU)	TLEP	-	1,5 x 0,4	1,5 x 0,4	1,5 x 0,4	1,5 x 0,4	1,5 x 0,4	1,5 x 0,4	1,5

1) Lämpötilakuorma/tukipainuma voidaan jättää pois murtorajatilayhdistelystä mikäli rakenteella on riittävästi muodonmuutoskykyä

2) stabiiletti 1,30 [EN 1992-1-1: 2.4.2.2 (2) Huom]

3) paikalliset vaikutukset 1,20 [EN 1992-1-1: 2.4.2.2 (3) Huom]

- passiivipaineen yhdistelykerroin aiheuttavan kuorman mukaan ja varmuusluku pysyvän kuorman mukaa

- vedenpinnan aseman vaikutukset yhdistellään pysyvän kuorman kanssa

= Määrävä muuttuva kuorma

Taulukko 2: Kevyen liikenteen sillat – käyttörajatilat ja onnettomuusyhdistelmä:

KEVYEN LIIKENTEEN SILLAT - KAYTTORAJATILA															
Ominaisyyshdistelmä (6.14), Tavallinen yhdistelmä (6.15), Pitkäaikaisyhdistelmä (6.16)															

Liik
enne
vira
sto

ISSN-L 1798-663X

ISSN 1798-6648

ISBN 978-952-255-578-6

www.liikennevirasto.fi